

TRAVAUX ET RECHERCHES DE PROSPECTIVE

schéma  
général  
d'aménagement  
de la France

technologie et  
aménagement  
du territoire

premières  
réflexions

33

TRAVAUX ET RECHERCHES DE PROSPECTIVE

schéma  
général  
d'aménagement  
de la France

**Technologie et  
aménagement  
du territoire**

premières  
réflexions  
OCTOBRE 1972



**AVANT-PROPOS**



L'évolution très rapide des sciences et des techniques, au cours des vingt dernières années, a conduit laboratoires et chercheurs à prospecter les nouveaux domaines d'investigation possibles et à s'interroger sur les perspectives qui pourraient en découler. Les premières études sur le futur ont commencé aux Etats-Unis avec la prévision technologique et c'est à partir d'elle et pour une part en réaction contre elle, que les réflexions prospectives sont nées et se sont ordonnées en France.

Il était naturel que l'Aménagement du territoire se préoccupe des répercussions du développement scientifique et technique sur l'organisation des hommes et des activités dans l'espace géographique. Les innovations pouvaient en effet imposer à terme certaines contraintes redoutables si l'on n'y prenait garde à temps, ou au contraire être utilisées pour la mise en œuvre d'une politique volontaire.

Au cours de l'année 1969, quelques mois après la création du « Système d'études pour le schéma général d'aménagement de la France (SESAME) », un groupe de « prospective technologique » était constitué et sa direction confiée à M. Claude BRISSON.

Le groupe était chargé d'une triple mission :

— l'exploration de l'ensemble des grands domaines de la science et de la technique pour y déceler les innovations technologiques pouvant être considérées comme importantes pour l'aménagement du territoire. Il devait s'appuyer sur les études et recherches effectuées en France par la Délégation générale à la recherche scientifique, le Commissariat général au Plan et tenir compte des travaux, alors en cours, pour l'élaboration des options du VI<sup>e</sup> Plan. Naturellement, les prévisions technologiques diverses publiées à l'étranger devaient également être prises en considération ;

— l'étude des critères permettant d'apprécier les innovations technologiques au regard de l'aménagement du territoire et de mesurer leur influence possible sur lui ;

— l'examen plus approfondi en ce sens d'une ou deux innovations.

Il a paru utile de présenter la partie des travaux actuellement mise au point et, à titre d'exemple, quelques « fiches techniques » dont le nombre s'accroîtra progressivement et qui pourront faire ultérieurement l'objet d'une publication particulière.

\*\*

Parallèlement à ces travaux, les liens de plus en plus fréquents en matière d'études, et notamment d'études à long terme, entre le ministère du Développement industriel et scientifique et la Délégation à l'aménagement du territoire et à l'action régionale devraient inciter ces deux organismes à coopérer de manière plus étroite encore. La création en 1970 d'une « cellule prospective » à la Direction des études et programmes du ministère du Développement industriel et scientifique conduisit naturellement la Délégation à l'aménagement du territoire et à l'action régionale à proposer à cette direction le transfert de l'ensemble du dossier préparé par le groupe de « prospective technologique » du SESAME à la fois pour le préciser et pour le prolonger.

C'est ainsi qu'un travail important a été entamé sur ce sujet par ladite cellule prospective en liaison progressivement avec les directions techniques du ministère du Développement industriel et scientifique ainsi qu'avec les organismes techniques et administratifs dépendant notamment des divers ministères susceptibles d'être intéressés.

Nous présentons en annexe le canevas des « fiches de prévision technologique » qui seront élaborées et, à titre d'exemple, un avant-projet de deux de ces fiches. Dans ces fiches, les liens avec l'Aménagement du territoire peuvent apparaître lors de l'examen des conditions d'éclosion et de diffusion d'une innovation, parmi lesquelles peuvent figurer certaines conditions liées à l'aménagement existant du territoire, et d'autre part lors de l'étude des conséquences possibles du développement d'une innovation dans le domaine de l'aménagement du territoire.

Ministère du Développement  
industriel et scientifique.

Délégation à l'aménagement du  
territoire et à l'action régionale.

**A LA RECHERCHE  
D'UNE PROSPECTIVE TECHNOLOGIQUE**

L'établissement d'un schéma général d'aménagement de la France implique la nécessité d'une prospective technologique. Il est en effet clair que le développement du progrès scientifique au cours des dernières cinquante années et les applications technologiques qui en ont découlé, ont modifié les rapports entre l'homme et l'espace, et ouvert des perspectives économiques nouvelles. Les conceptions industrielles, mais aussi celles de l'élevage et de l'agriculture, évoluent ; de nouvelles sources d'énergie sont apparues, changeant les rapports de force, obligeant à définir de nouvelles structures. La télévision, l'informatique, la télétransmission, les satellites, permettent de nouveaux rapports entre les hommes, bouleversant les rapports sociaux. Ce ne sont pas seulement des villes nouvelles qu'il faut créer, mais aussi des régions nouvelles aptes à permettre aux hommes qui les habitent de tirer le meilleur parti du développement possible et probable.

Le Commissariat général au Plan avait déjà au cours des dix dernières années amorcé l'étude du long terme, à travers un vaste balayage sectoriel cherchant à déterminer des perspectives à vingt ans. Il s'agissait cependant davantage d'une prolongation dans le temps de la projection classique des niveaux de production et de consommation que d'une prospective à très long terme. L'horizon choisi autorisait l'emploi de méthodes de « continuité », tenant davantage compte des grandes tendances de l'évolution économique sectorielle que des répercussions possibles de l'innovation technologique sur l'espace et les hommes.

L'ambition du SESAME de viser plus loin dans le temps impliquait la nécessité d'introduire une prospective technologique. Affirmons d'emblée que le fait même de parler de **prospective technologique** peut paraître aberrant. La technologie étant l'utilisation que l'homme fait des outils et de la matière ne peut être arbitrairement isolée des réactions de l'homme et de la société. La prospective n'est ni géographique, ni sociologique, ni technologique, elle est « une » et il serait faux de vouloir procéder à des distinctions arbitraires. Dans l'état actuel des connaissances, il paraît cependant fondamental sur le plan méthodologique d'étudier séparément les diverses composantes de l'évolution pour pouvoir ensuite les intégrer dans des visions tenant compte de tous les aspects possibles du futur.

En fait, disons que les possibilités du progrès technique paraissent immenses et si le roman ou le cinéma-fiction nous ont habitués à nous promener dans des mondes nouveaux où des Martiens en scaphandre frôlent des humains améliorés, sélectionnés et conditionnés en laboratoire, la planification a en général fait preuve dans ce domaine de peu d'imagination, que ce soit en France ou à l'étranger. Tout en se demandant quel espace lui restera dans vingt ans pour lire son journal dans des voitures de métro déjà en service en 1950, le Parisien de 1972 rêve aux prouesses des aérotrains ou des véhicules automatiques de l'an 2000.

Il est de fait que les contraintes de l'environnement, des modes de vie et du marché, ainsi que les limitations financières, pèsent sur le développement et semblent freiner toute possibilité de bouleversement fondamental. Si d'un côté nous pensons qu'il n'y a pas de « système » qui ne soit accessible ou perfectible, quand on a la volonté de le définir, de l'analyser et de le peser en termes de « recherche et développement », nous devons en contrepartie considérer que les contraintes financières, économiques et sociales sont si importantes que leur évolution commande la plupart du temps celle de la technologie. Dans cette optique, seuls le domaine militaire et le domaine spatial relèveraient vraiment d'une analyse de système permettant d'aborder le futur par voie normative. L'évolution des hommes et des collectivités rend illusoire toute recherche prospective sérieuse visant à définir les technologies probables au-delà d'un horizon de trente à quarante ans. Tout « système » inclut des « acteurs » dont les décisions répondent à des motivations variées qui ne sont pas toujours conditionnées par le très long terme.

En fait, tout schéma d'aménagement à long terme implique donc une vue utopique de l'évolution, privilégiant le concerté par rapport à l'aléatoire, et supposant qu'une certaine « synergie » de l'action et du comportement aidera l'homme à tirer le meilleur parti de son environnement : les études du SESAME n'échappent pas à cette règle.

\*\*

Les travaux entrepris par le SESAME ont été très centrés sur la mise au point des applications de la méthode des scénarios développée dans le cadre géographique. Il était logique que l'objet des études de prospective technologique soit orienté vers la recherche des éléments de tous ordres (informations, réflexions, méthodes) permettant d'enrichir l'élaboration des scénarios. Ce sont quelques-uns de ces éléments dont la publication est entreprise par la Documentation française.

Ils comprennent :

— une étude, effectuée par le CERAU (1), et intitulée « **Prospective technologique et aménagement du territoire** », de caractère méthodologique, destinée à clarifier les critères qui permettent de caractériser l'impact possible d'une innovation sur l'aménagement du territoire et sa probabilité d'occurrence ;

— une étude, menée par le BIPE (2), comportant une approche sectorielle approfondie sur les « **Répercussions régionales à long terme des innovations dans la filière textile-confection** ». Une seconde étude demandée au BIPE sur « le progrès technologique dans le complexe agro-alimentaire et ses incidences sur la localisation à long terme des activités » doit finalement être reprise dans un article publié par « Analyse et Prévision » sous le titre « Prospective du monde rural ».

— une série de **fiches techniques**, établies par le BCEOM (3) pour étudier les aspects prospectifs de divers domaines des transports terrestres et maritimes et des problèmes relatifs à la distribution de l'eau. De son côté, l'OBM (4) a élaboré un certain nombre d'autres fiches actuellement étudiées par les services techniques du ministère du Développement industriel et scientifique.

L'ensemble de ce dossier ne constitue qu'une faible part de l'effort accompli par le groupe du Sésame et de celui qui devra être réalisé pour mener à bien une véritable prospective technologique. Celle-ci ne peut d'ailleurs être l'œuvre d'une petite équipe ; elle doit être le fruit de la concertation de tous ceux qui, à des titres divers, participent à la recherche et au développement dans le secteur privé et dans le secteur public. Trop souvent actuellement, on ne perçoit qu'après coup les incidences spatiales d'une évolution technologique et lorsqu'on en prend la mesure, il est trop tard pour en tirer le meilleur parti. Trop souvent aussi ceux qui devraient tenir compte de ces incidences ne sont pas avertis en temps utile. Faut-il établir le dialogue, il n'y a pas de concertation possible et la société subit plus qu'elle n'agit. En publiant ce dossier, on voudrait surtout susciter critiques et réflexions, seules susceptibles de faire progresser la recherche et l'action, et ouvrir au plus grand nombre la possibilité de comprendre, de juger la portée et les limites des innovations technologiques, d'en saisir les opportunités, de les utiliser et par conséquent cesser d'en être les spectateurs émerveillés ou craintifs.

Claude BRISSON,  
Directeur du BCEOM,  
Ingénieur en Chef des  
Ponts et Chaussées.

(1) CERAU : Centre d'études et de recherches sur l'aménagement urbain.  
(2) BIPE : Bureau d'informations et de prévisions économiques.  
(3) BCEOM : Bureau central d'études pour les équipements d'Outre-Mer.  
(4) OBM : Organisation Yves Bossard et Pierre Michel.

**PROSPECTIVE TECHNOLOGIQUE  
ET AMÉNAGEMENT DU TERRITOIRE**

Associé aux recherches de prospective technologique menées dans le cadre du SESAME, le CERAU a poursuivi une réflexion dans deux directions, dont nous présentons ici les résultats sous le titre « Prospective technologique et aménagement du territoire ».

— Sur le plan **méthodologique**, tout d'abord, nous avons essayé de préciser un certain nombre des concepts utilisés, et en particulier ceux d'occurrence et de pertinence par l'aménagement du territoire. Nous avons d'autre part cherché à faire le point sur des obstacles rencontrés lors du « balayage technologique » auquel nous avons collaboré, avec d'autres bureaux d'étude, et sur quelques-uns des moyens envisageables pour les surmonter.

Cette première partie, intitulée « **Réflexions méthodologiques** », comprend les trois chapitres suivants :

- 1 - Vue d'ensemble des problèmes de la prospective technologique
- 2 - Essai de clarification des concepts de pertinence et d'occurrence d'une innovation
- 3 - Sur quelques difficultés particulières de la prospective technologique

— Sur le plan des **applications** de ce « balayage », nous avons réfléchi aux diverses conséquences qu'on peut attendre de ces innovations pour l'aménagement du territoire, en fonction d'un certain nombre de préoccupations qui risquent d'être celles qui se poseront aux aménageurs au cours des prochaines années.

Cette deuxième partie « **Impact des innovations technologiques sur quelques aspects de l'aménagement du territoire** » se limite aux points suivants :

- 1 - Impact sur la localisation des entreprises
- 2 - Modification de la structure des agglomérations
- 3 - Transformation du problème de la décentralisation.

**PREMIÈRE PARTIE**

**RÉFLEXIONS MÉTHODOLOGIQUES**



# **1 - VUE D'ENSEMBLE DES PROBLÈMES DE LA PROSPECTIVE TECHNOLOGIQUE**

## **A) Généralités sur la prévision technologique**

### **1 - LA NOTION DE TRANSFERTS TECHNOLOGIQUES**

L'objet de la prospective technologique est « l'estimation probabiliste de transferts technologiques futurs » (ERICH JANTSCH, La prévision technologique, Paris 1967). La notion de transferts technologiques est cependant complexe et doit être précisée, la distinction la plus importante étant entre les transferts technologiques verticaux et les transferts technologiques horizontaux.

#### **a) Les transferts technologiques verticaux**

Selon la définition la plus simple, la succession de transferts technologiques verticaux correspond à la filière qui va de l'invention à l'innovation puis à la diffusion de la technologie. JANTSCH dans son ouvrage de 1967 adopte une conception plus large de l'ensemble des transferts technologiques verticaux : nous la découvrons à partir d'un exemple inspiré de l'auteur, mais à la fois simplifié et complété : celui du développement des semi-conducteurs et de leur application aux télécommunications et à l'informatique.

A un premier niveau se situent les recherches fondamentales ayant permis de mettre en évidence le phénomène naturel de semi-conduction, et les recherches appliquées en vue du développement des techniques en permettant le développement industriel. A un second niveau, se situe la technologie des semi-conducteurs dans ses phases successives (transistors, circuits intégrés, etc.). Ce niveau est celui des composants. Le niveau suivant est celui des systèmes fonctionnels, c'est-à-dire dans le domaine de l'informatique, des ordinateurs de la deuxième et troisième générations, les équipements transistorisés des centraux téléphoniques à la commutation électronique.

Les phases précédentes correspondent à la filière classique recherche, développement industriel, innovation. L'intérêt de l'analyse de JANTSCH est de dégager différents niveaux de conséquences de l'innovation : modification de la structure de l'industrie des télécommunications et des ordinateurs ; rôle nouveau que l'innovation technologique a permis de donner au système des communications ou de traitement de l'information, soit par un abaissement du coût, soit par une généralisation de l'utilisation (cf. les ordinateurs de la 4<sup>e</sup> génération) ; enfin les conséquences pour la société dans son ensemble : systèmes intégrés de télé-traitement de l'information ; substitution possible, grâce à l'économie d'énergie, d'engins téléguidés à des hommes pour l'exploitation spatiale, etc.

La description qui précède est maintenant classique ; elle appelle cependant quelques critiques, dans la mesure où elle ne distingue pas le cheminement abstrait de l'invention à l'innovation et à ses conséquences, du transfert technologique au sens propre du terme, qui doit être défini comme la transmission de nouvelles connaissances ou de nouvelles techniques d'une institution ou d'un agent économique à une autre institution ou un autre agent économique.

Il paraît préférable de ne pas utiliser le terme de transfert technologique, si la filière allant de la recherche fondamentale à l'innovation se fait à l'intérieur de la même entreprise ou du même organisme ; par contre, le terme de transfert acquiert un sens précis si par les mécanismes, soit spontanés, soit organisés, se trouvent valorisées dans des entreprises industrielles des recherches élaborées, par exemple, dans un laboratoire universitaire : pour notre propos le transfert technologique implique la transmission de connaissances ou de procédés entre groupes de personnes ou entre institutions.

#### **b) Les transferts technologiques horizontaux**

Des transferts horizontaux peuvent se présenter à chacun des niveaux des transferts technologiques que nous avons distingués dans le paragraphe précédent. On peut admettre, par exemple, qu'il y a transfert technologique horizontal si la même hypothèse scientifique de base donne naissance à des innovations technologiques correspondant à des domaines distincts. Cependant, dans le cadre de notre étude, il semble préférable de retenir une conception plus étroite de transfert technologique horizontal. Nous limiterons ce concept à l'utilisation d'une technique dans une branche ou un secteur économique autre que celui où elle a été initialement développée. Pour plus de clarté, trois exemples peuvent en être donnés :

— Les satellites ont été initialement développés pour des finalités soit stratégiques, le développement des lanceurs de grandes puissances étant alors l'objectif principal, soit de participation à une aventure collective (la découverte du monde extérieur à notre planète). Par un transfert technologique horizontal se développent les satellites géo-stationnaires de télécommunications dont le développement transforme de façon révolutionnaire les communications au niveau mondial.

— Le second exemple est l'utilisation, dans le domaine des transports terrestres, de turbo-réacteurs développés dans l'industrie aéronautique (comme le propulseur du turbo-train).

— Un troisième exemple moins connu est l'utilisation considérable, dans la gestion des entreprises ou dans la planification économique, des techniques d'analyses de systèmes. Or, ces techniques ont été initialement développées dans l'industrie aéronautique pour l'ordonnancement de l'ensemble extrêmement complexe des opérations de construction d'un prototype d'appareil.

## **2 - PROSPECTIVE TECHNOLOGIQUE EXPLORATOIRE ET NORMATIVE**

La distinction est classique entre la prospective technologique exploratoire et la prospective technologique normative.

La prospective exploratoire part de l'état de la science et de son développement probable pour tenter, dans une première phase, de définir les innovations rendues possibles dans les différents secteurs de l'économie par le développement de techniques nouvelles faisant appel à ces notions scientifiques de base, puis dans une dernière phase, de dégager les conséquences de ces innovations technologiques éventuelles sur l'organisation et la vie de la société.

La prospective normative chemine en sens inverse. Elle se fixe des missions et des objectifs pour descendre ensuite aux innovations technologiques dont le développement serait nécessaire pour atteindre ces objectifs et remplir ces missions. Sous cette forme, la prospective normative a été initialement développée dans le domaine militaire. La définition des différentes missions des forces armées, puis à l'intérieur de chaque mission d'objectifs précis, conduit ensuite à définir « le cahier des charges » de systèmes d'armes correspondant à ces objectifs, puis les innovations technologiques nécessaires pour permettre le développement de ces systèmes d'armes. On connaît, dans ce sens, les recherches françaises du Centre de prospective et d'évaluation des Armées.

Ces méthodes ont pu assez récemment être appliquées dans certains secteurs civils, en particulier dans les transports.

### **3 - PROSPECTIVE EXPLORATOIRE OU PROSPECTIVE NORMATIVE**

Dans le domaine qui est le nôtre, il semble que l'utilisation de la prospective exploratoire soit à la fois insuffisante et indûment difficile. Elle contraint en effet à un balayage technologique très complet qui ne pourra en tout état de cause qu'être amorcé sommairement dans la présente phase d'étude. Seul un nombre restreint des innovations recensées sera en fait intéressant, c'est-à-dire pertinentes du point de vue de l'aménagement du territoire.

#### **a) Le problème des normes**

Quelques difficultés importantes se présentent cependant si l'on choisit, comme cela nous paraît préférable, une approche normative.

D'abord, la notion de mission, claire dans le domaine militaire, l'est beaucoup moins dans le domaine civil. Des efforts sont cependant possibles dans ce domaine : il suffit de consulter par exemple les travaux faits aux Etats-Unis par la National Goals Foundation dont nous donnons un extrait plus loin.

La seconde difficulté est que les normes retenues doivent elles-mêmes être prospectives. Ce ne sont ni les problèmes ni les actions actuelles de l'aménagement du territoire qui doivent être pris en compte, mais ce que deviendront ces problèmes et ces actions au terme de la projection. Amorcer une étude prospective technologique normative dans le domaine de l'Aménagement du territoire implique qu'on se donne d'abord une prospective suffisamment structurée des actions de l'aménagement du territoire et du domaine de la politique d'aménagement du territoire au terme de la projection.

Une telle prospective est déjà en cours d'élaboration dans d'autres groupes du SESAME. Le processus d'itération entre les travaux de ce groupe et ceux du groupe de prospective technologique semble donc indispensable.

#### **b) Le problème de l'horizon**

Parler de prospective, et surtout de prospective normative, implique qu'on se fixe l'échéance, ou l'horizon, de la prévision.

Il semble ici convenable de se donner deux échéances.

D'une part, un horizon relativement proche (mettons 1980-1985). A cette échéance, une prospective de la « continuité » est possible. Les nouvelles technologies seront dans la plupart des cas connues ou en devenir

avancé (c'est-à-dire au stade du développement). C'est à cette échéance que les consultations d'experts organisées dans le cadre de la présente mission ont le plus d'utilité.

D'autre part, il serait utile de se fixer une échéance très éloignée (mettons 2015) qui a l'inconvénient de faire appel à des réflexions qui ont quelque aspect de science fiction, mais qui présente par contre l'avantage considérable de contraindre les auteurs à se mettre en situation de rupture et à rejeter la permanence des structures technologiques et sociales actuellement observées. Il est cependant douteux que des résultats solides à aussi long terme puissent être élaborés dès la présente phase d'étude.

## **B) Quelques problèmes particuliers**

### **1 - ELEMENTS AFFECTANT LA PROBABILITE D'OCCURRENCE D'UNE INNOVATION**

Le passage du premier stade du développement à la diffusion commerciale prend des formes très différentes suivant les produits et suivant les pays. Il existe plusieurs méthodes permettant de mettre en lumière ces différences et d'en dégager les points critiques.

#### **a) Le cycle de vie d'un produit**

Cette notion a été développée par plusieurs auteurs dont Raymond VERNON (International Investments and International Trade in the Product Cycle, Quaterly Journal of Economics, Mai 1966) et appliquée au développement de plusieurs produits aux Etats-Unis, au Japon et en Europe par la Direction des affaires scientifiques de l'OCDE (1).

La diffusion d'un produit nouveau après son développement « a l'allure d'une courbe en S divisée en trois stades ». Au premier stade, l'allure de la courbe de croissance est d'abord lente puis s'accélère, les séries de production sont courtes, la technique évolue rapidement et, en conséquence, le personnel engagé dans le processus comprend une forte proportion de scientifiques et de techniciens. Au cours de cette phase, le procédé de production est du type à forte intensité de main-d'œuvre, du fait que les industriels hésitent à effectuer de gros investissements en matériels de production.

Au cours du second stade, la demande s'accroît rapidement, mais vers la fin de ce stade, le taux d'accroissement se ralentit. Pendant ce stade, des techniques de fabrication en série sont mises en œuvre, la concurrence se fait de plus en plus sentir et la nécessité d'une gestion efficace devient primordiale. Restent les modifications d'ordre technologique, qui interviennent d'ailleurs à une cadence plus lente, et qui réduisent l'importance du rôle du personnel scientifique et technique.

La troisième étape commence au point où la courbe de la demande atteint son palier. Il est d'ailleurs possible que, à ce stade, le niveau de la demande diminue avec l'introduction sur le marché de nouveaux produits de remplacement. Ce stade est caractérisé par une stabilisation de la technologie et la diminution constante de l'importance du personnel scientifique et technique. Les facteurs-clés de la production sont maintenant la main-d'œuvre spécialisée et non spécialisée et l'équipement des unités de production.

---

(1) Ecartis technologiques - Rapports analytiques, OCDE, Paris 1970, pp. 249-252.

Pour les principales innovations repérées au cours de l'exploration des secteurs choisis pour la présente étude, il serait utile d'obtenir des informations, au moins approximatives, sur la forme de la courbe, représentant le cycle de vie du produit. De même, dans toute la mesure du possible, une comparaison entre les délais de développement d'un produit nouveau et le cycle de vie du produit, est un élément important pour juger de la probabilité d'occurrence de l'innovation. Ce jugement peut se faire, soit en considérant les chances qu'a le producteur de récupérer sur la production en série les frais de recherche et de développement, soit en opposant les réticences éventuelles du marché à un renouvellement trop rapide des techniques. Cette réticence apparaît déjà chez les grandes compagnies aériennes qui ont été confrontées, dans les vingt dernières années, à des renouvellements rapides de leur flotte liés au développement d'innovations successives : appareils à hélices et moteurs à pistons, appareils à turbo-propulseurs, appareils subsoniques à réaction de taille moyenne, subsoniques de grande capacité, supersoniques.

#### **b) La courbe d'apprentissage**

La notion de courbe d'apprentissage est utilisée avec deux sens différents dans le domaine de la prévision technologique.

Le premier qui nous intéresse le moins ici est la correction progressive de l'estimation des coûts de mise au point d'un produit nouveau au cours de son développement. Les estimations initiales sont souvent sous-évaluées, et ce n'est qu'à un stade assez avancé du développement qu'une estimation valable peut en être établie. Le cas du Concorde où le devis initial des frais de recherche et de développement aurait été multiplié par un facteur compris entre trois et quatre est loin d'être unique dans le cas des grands programmes faisant appel à des techniques de pointe.

Le second sens de la courbe d'apprentissage est beaucoup plus important pour notre propos. La courbe d'apprentissage mesure la diminution du coût de production du produit quand on passe du prototype à la pré-série, de la pré-série au stade de la production en série suivant les étapes du cycle de vie du produit.

La forme de la courbe d'apprentissage varie dans une mesure considérable d'un secteur à l'autre. Deux exemples peuvent être cités. Dans un domaine particulier de l'industrie du bâtiment, celui de certaines structures en acier, le rapport des coûts unitaires entre le prototype et une série de vingt à cent unités n'a été que de 1 à 0,4. Si l'on prend à l'autre extrême le projet Concorde, le rapport s'établira vraisemblablement aux environs de 100 à 1.

Dans chacun des domaines proposés au groupe, une analyse, au moins au dire d'experts, de la forme vraisemblable de la courbe d'apprentissage, devrait être tentée. Certes, bien connaître la courbe d'apprentissage est surtout utile pour définir la stratégie de recherche et de développement d'une entreprise ou certains éléments de la politique scientifique d'un Etat. Il nous paraît cependant certain que la connaissance, au moins approchée, de la courbe d'apprentissage est importante pour étayer un jugement sur la probabilité d'occurrence d'une innovation.

#### **c) Composants et systèmes fonctionnels**

La distinction entre composants et systèmes fonctionnels a été définie dans la partie précédente, au moment de la définition des transferts technologiques verticaux. Du point de vue de l'étude de la probabilité d'occurrence, une différence fondamentale doit être faite entre composants et systèmes fonctionnels. En effet, le développement de systèmes exige la synergie entre des développements technologiques dans des domaines différents concourant à la réalisation d'un même objectif. Il est clair qu'une telle synergie est à la fois plus difficile à réaliser et plus difficile à prévoir

que le développement d'un composant. Or, il semble bien que les développements technologiques les plus intéressants du point de vue de l'aménagement du territoire porteront sur des systèmes fonctionnels. C'est déjà le cas pour les systèmes de transport. On indiquera par exemple que les projets de l'industrie aéronautique française, dans le domaine des avions à décollage court, part de la conception d'un système : il est prévu en effet « une étude sur les possibilités d'un nouveau système de transport par véhicules VISTOL » (1). Le projet comprend « l'étude de tous les éléments du système (véhicules, infrastructures, systèmes de navigation, étude de la demande) » (2).

Dans un ordre d'idées différent, une réunion d'experts organisée dans le cadre de cette étude, a, par exemple, montré, dans le domaine de la pollution des eaux, l'intérêt qu'il y avait de prolonger la réflexion sur les composants, c'est-à-dire les techniques d'épuration, par une réflexion sur les systèmes définis ici comme les processus industriels dans les industries polluantes ; la modification du processus permet, dans la plupart des cas de réduire la pollution à la source, et donc de réduire corrélativement l'importance de l'épuration.

## **2 - PROBLEMES INSTITUTIONNELS**

Nous ne citons que pour mémoire cet élément qui devrait faire l'objet d'une étude plus approfondie : la multiplicité des agents publics en cause, la nature des procédures publiques, des mécanismes financiers et institutionnels français sont bien souvent défavorables au développement de l'innovation ; en particulier les disponibilités en capitaux de risques sont faibles. Une réflexion devrait être tentée en prolongement de la présente étude sur le rôle que la DATAR peut jouer pour favoriser l'innovation dans les domaines qui auront été estimés les plus pertinents du point de vue de sa politique (on sait qu'une telle intervention s'est déroulée dans le domaine des modes de transports terrestres).

Cet examen nous semblerait devoir être fait particulièrement dans le domaine des transferts horizontaux. Ces transferts sont limités en France par les difficultés du « Know How » qui sont beaucoup plus considérables qu'aux Etats-Unis à cause de la rigidité institutionnelle et de l'insuffisante circulation des idées et des hommes.

## **3 - REMARQUES SUR LES METHODES D'ANALYSE DE PERTINENCE**

On a indiqué, dans la première partie de cette note, que le problème posé semblait plus du domaine de la prospective normative que de la prospective exploratoire. Une première difficulté mise en lumière à ce stade est la définition prospective des missions et des objectifs de l'Aménagement du territoire.

En admettant que ces missions et objectifs prospectifs soient définis, la prospective normative fait appel à des méthodes bien connues dans leur principe mais lourdes et délicates dans leur application.

Dans une première phase, on procède généralement à l'établissement de scénarios. Dans le cadre du projet SESAME, des scénarios tendanciels géographiques ont été établis. Ils ne sont pas suffisants pour l'étude des innovations. Il conviendrait, dans une phase ultérieure du travail, de les

(1) STOL, Short Take - Off and Landing. En français, ADAC, avion à décollage et atterrissage courts. VTOL, Vertical Take - Off and Landing. En français, ADAV, avion à décollage et atterrissage verticaux.

(2) Rapport du Comité de l'Industrie aéronautique et spatiale du VI<sup>e</sup> Plan.

compléter en introduisant la prospective de différents secteurs économiques, et la prospective des rapports entre les hommes et les groupes sociaux d'une part, de l'espace géographique dans lequel se situent leurs interactions d'autre part.

De tels scénarios étant établis, les programmes nécessaires de recherche (ou, pour notre propos, le repérage des innovations les plus pertinentes) font appel à des techniques mathématiques assez variées. Ces techniques se ramènent toutes cependant, sous des formes différentes, à l'établissement d'arbres de pertinence qui permettent de descendre des objectifs aux actions de recherche. Les différentes méthodes (méthode du Centre de prospective et d'évaluation des Armées, déjà transposée au domaine des transports ; méthode Pattern, déjà appliquée au domaine de l'habitat, etc...) se distinguent essentiellement par la nature des informations qu'elles exigent et l'aisance avec laquelle elles permettent d'isoler le noyau central du graphe.

Il est évidemment exclu que de telles méthodes puissent être appliquées au présent stade de l'étude. Se les proposer pour une phase ultérieure, devrait faire l'objet d'un examen attentif de faisabilité.



De l'application de toutes les remarques qui précèdent, il est nécessaire de distinguer le problème de l'entreprise, qui assume un risque afin d'étendre son marché par une intégration verticale ou horizontale plus poussée, et celui de l'Etat qui, à partir d'un ensemble beaucoup plus complexe de missions, tend à orienter l'activité nationale. Parmi les missions de l'Etat, sans trop vouloir anticiper sur une prospective de l'aménagement du territoire dont la nécessité a été énoncée plus haut, on pourrait retenir de façon provisoire que sont à terme de la compétence de l'Aménagement du territoire toutes les actions visant à influencer qualitativement et quantitativement le cadre de vie des hommes, les interactions entre les structures de la société et les relations sociales d'une part, et l'aménagement de l'espace et de la qualité de l'environnement d'autre part. Ces notions seront explicitées dans une seconde note proposant la liste de certains des problèmes qui risquent de se poser de façon aiguë à l'Aménagement du territoire.

## **Appendix A**

### **Classification of Goals and the Abstract of Standards, National Goals Project**

Source : Manpower Requirements for National Objectives in the 1970's by Leonard A. Lecht, Center for Priority Analysis, National Planning Association, 1968.

#### **1. Agriculture**

Includes cost of programs to raise income of commercial farm families to a close approximation to income of non-farm families plus the cost of programs to encourage movement of 150,000 low-income members of the farm labor force into non-farm employment each year.

#### **2. Area Redevelopment**

Cost of expanded redevelopment programs following the objectives of the Area Redevelopment Act,

### 3. Consumer Expenditures

Living standards rise to limit set by savings rate of approximately 8 % of disposable personal income. Includes additional increases in consumer expenditures from other goals such as health, education, and transportation, plus family allowance system to increase incomes of families below \$ 3,300 to this level.

### 4. Education

Assumes an increase in proportion of students from eligible age group receiving high school and higher education amounting to a 50 % increase in proportion for college group. Allows for doubling of faculty salaries over decade, increased teacher supporting staff, expansion of adult education and vocational training role of junior colleges, and increased plant and equipment at all levels of education.

### 5. Health

Stresses programs to enlarge access to modern health technologies by providing families with a level of health care equal to that enjoyed currently by families with most comprehensive health insurance plus expanded provisions for dental and psychiatric care. For persons over 65 includes level of medical care costing 50 % more than HEW estimate of cost of adequate medical care for the aged in early 1960's with two-thirds of costs financed by public funds. Also includes increase in ration of hospital beds to population following Hill-Burton Act standards, together with increase in health research expenditures sufficient to employ the 77,000 health research professionals N I H estimates will be needed in early 1970's.

### 6. Housing

Includes elimination of all remaining substandard housing between 1966 and 1975, plus increase in number of housing starts from 1.5 million in 1962 to provide for new family formation, adequate housing for nonwhites, higher income levels, greater emphasis on special housing for the aged, and for vacation « second » housing. Also includes cost of R & D program to develop synthetic building materials, mass production of housing components, and building codes geared to potentialities of modern technology.

### 7. International Act

Goal includes cost to United States of UN Decade of Development target that each industrialized nation contribute 1 % of GNP from public and private sources to supply capital to developing nations. Also includes military support to developing nations at early 1960 levels, plus support for international non financial organizations rising to \$1.5 billion in 1975, primarily for WHO, UNESCO, FAO, and for an expanded UN Peace Force.

### 8. Manpower Retraining

Cost of programs for retraining 1 % of the labor force a year following the outlines of the Manpower Development and Training Act passed in 1962, and providing basic literacy training as provided by 1963 amendments to MDTA.

### 9. National Defense

Expenditures for an adequate national defense taking into account applications of technological advances such as antimissile, nuclear aircraft carriers, space vehicles, and requirements to maintain conventional armed forces.



## 10. Natural Resources

Cost of programs for increasing and economizing the supply of natural resources required in an urbanized and affluent society. Largest expansion in expenditures projected for water purification and storage with programs derived from studies of Senate Select Committee on Water Resources.

## 11. Private Plant and Equipment

Expenditures for plant and equipment needed to sustain economic growth in the 1970's plus the additional private plant and equipment expenditures projected for specific goals : utilities in urban development, equipment in transportation, private and non-profit facilities for schools, hospitals, welfare, etc.

## 12. Research and Development

Standard stresses increases in « civilian economy » R & D with total R & D expenditures projected to increase from 3 % of GNP in early 1960's to 4 % of trilliondollar GNP in mid-1970's. Includes substantial increases in expenditures for basic research, for water desalination and oceanography, for health and social science research, for R & D informations systems, and for an R & D extension service for the private economy with objectives similar to State Technical Services Act of 1965.

## 13. Social Welfare

Includes expenditures from providing typical pension to retired couple covering cost of « modest but adequate » standard of living for an elderly couple in American cities in early 1960's plus allowance for increases in earnings levels and standards of living. Also includes family allowance system to establish income maintenance floor for families with poverty incomes in the 1970's and provisions for incorporating nationwide protection against income loss from illness as part of OASDI, expansion of unemployment compensation and benefits similar to proposals of recent Administration.

## 14. Space

Includes expenditures for sustained space research and development program involving manned lunar landing about 1970 followed by exploration of moon, earth orbiting laboratories, and development of technology leading to human landing on Mars before year 2000. Also stresses expansion of research in basic space sciences and in applications of space technology in such areas as weather observation satellites and in long-distance telecommunications.

## 15. Transportation

Expenditures of transportation equipment and R & D allowing for projected increase in automobile stock and for changes in transportation resource use following line of President Kennedy's 1962 Transportation Message to Congress. Also includes cost of R & D and advances such as supersonic planes, nuclear ships, hydrofoils, gasturbine engines, etc.

## 16. Urban Development

Includes expenditures, generally derived from other goals, which are attributable to programs for providing adequate transportation, housing cultural and recreation facilities, schools, hospitals, and industrial, commercial, and governmental buildings for the over three-fourths of the population who are expected to be living in urban areas in 1975. Also includes expenditures for new mass transit technologies and for equipping automobiles with devices for controlling air pollution. Involves overall increase in spending for urban facilities rising from 11 % of GNP in 1962 to 13 % in 1975.

## **2 - ESSAI DE CLARIFICATION DES CONCEPTS DE PERTINENCE ET D'OCCURRENCE D'UNE INNOVATION**

L'objectif de la prospective technologique est d'aboutir à des énoncés de la forme « A telle date, il deviendra techniquement possible de faire telle chose », ou « telle innovation apparaîtra ». Pour que ces énoncés aient un sens suffisamment précis, il faut expliciter ce que l'on entend par l'« apparition » ou l'« occurrence » de l'innovation. C'est ce concept que nous tenterons de définir dans la première partie de ce chapitre.

Certains travaux de prospective, technologique ou autre, se veulent globaux, si non exhaustifs. Ils tentent de passer en revue toutes les innovations majeures dont on suppose qu'elles apparaîtront avant une date donnée. Dans cette perspective, tout mérite a priori d'être étudié, le seul critère de sélection, si toutefois il en faut un, étant un jugement d'importance. Mais d'autres recherches se limitent à un domaine particulier, dans notre cas l'aménagement du territoire. Une innovation ne nous intéressera alors que dans la mesure où elle est jugée susceptible de modifier de façon quelconque l'activité humaine, ou les conditions d'exercice de celle-ci, dans le domaine en question. De ce point de vue, pour prendre en considération une innovation jugée probable, ou pour accepter d'entreprendre une étude pour évaluer sa probabilité d'occurrence, il est nécessaire de juger de sa **pertinence** par rapport au domaine considéré. Ce concept fera l'objet de la seconde partie de ce chapitre.

### **A) L'occurrence d'une innovation**

Cette notion est loin d'être précise. Entre la réalité satisfaisante d'un premier essai en laboratoire qui montre la possibilité de réalisation et l'adoption généralisée d'une innovation, se déroule un processus qui peut être très long, et qui peut comprendre de nombreuses étapes : mise au point d'un prototype, essais en vraie grandeur, commercialisation, diffusion, etc. Lorsqu'on parle de l'occurrence d'une innovation, il faut évidemment préciser de laquelle de ces étapes il s'agit.

Le choix sera déterminé, entre autres, par l'utilisation qu'on veut faire à la fois de l'innovation elle-même, et de la prévision qu'on fera à son sujet. En particulier, et c'est un point sur lequel nous reviendrons plus en détail lorsque nous parlerons de la pertinence, l'étape qu'il sera important de prévoir ne sera pas la même selon qu'on se placera dans une optique de politique volontaire, considérant l'innovation en question comme un instrument qui permettra de mieux atteindre un objectif qu'on s'est fixé,

ou qu'on considère au contraire la diffusion « spontanée » de l'innovation comme une donnée dont on devra tenir compte, mais sans pouvoir agir sur elle. Dans le premier cas, ce qu'il sera important de prévoir, c'est la date à partir de laquelle l'innovation sera disponible et pourra effectivement être utilisée. Dans le second, il faudra plutôt connaître l'époque où l'innovation sera commercialisée, ou aura atteint un certain degré de diffusion, ou même celle où certains effets induits commencent à se faire sentir.

Quelle que soit l'étape du processus qu'on considère comme intéressante, et que nous pourrions de ce fait désigner comme l'occurrence de l'innovation, il est exclu qu'une quelconque prévision en donne la date exacte ; une certaine incertitude est inévitable, c'est pourquoi l'aboutissement d'une recherche prospective ne peut être qu'une **probabilité d'occurrence** (1). Les énoncés auxquels on aboutira pourront prendre deux formes. On peut se fixer un horizon, et évaluer la probabilité pour que l'innovation apparaisse à cette date, ou auparavant. Il est aussi possible, et c'est ainsi que les prévisions sont le plus souvent représentées, d'indiquer la valeur de cette probabilité à différentes dates, sous une forme qui ressemble à une distribution de probabilité ou à une fonction de répartition.

L'évaluation de cette probabilité suppose toujours une représentation, explicitée avec plus ou moins de détails, du processus qui engendre l'innovation. Or, on s'aperçoit très vite que celui-ci ne se déroule pas seulement en fonction de son dynamisme interne, c'est-à-dire du seul progrès de la recherche, mais dépend fortement d'événements ou de facteurs qui lui sont extérieurs, qu'il s'agisse d'autres innovations technologiques dont la mise au point préalable est nécessaire, ou d'éléments de natures toutes différentes, comme l'existence d'un financement suffisant, ou d'une demande suffisamment forte et urgente. Or, des facteurs de ce type sont souvent très difficiles à prévoir, dans la mesure où il ne s'agit pas d'un processus relativement continu, qu'on pourrait extrapoler ou dont on pourrait analyser le mécanisme, mais d'événements uniques qui sont l'aboutissement de facteurs multiples, de jeu d'influences, de rapports de forces que nous saisissons actuellement assez mal. Cela devrait amener à énoncer nos conclusions sous la forme de **probabilités conditionnelles**. A première vue, c'est accroître l'incertitude, et donc affaiblir la valeur des prévisions. En fait, c'est bien ce type de conclusion qui est le plus utile dans bien des cas. Pouvoir comparer les probabilités conditionnelles d'un même événement selon qu'une certaine condition est satisfaite, peut constituer une information précieuse pour celui qui décide de la réalisation de cette condition, ou pour celui qui veut, par exemple, accélérer l'apparition de l'innovation. Dans cette perspective, arriver à mettre en évidence certains des facteurs ou des événements qui affectent ces probabilités est au moins aussi important que l'évaluation, toujours incertaine, des probabilités elles-mêmes.

\*\*

L'évaluation de la probabilité d'occurrence d'une innovation, et de ce qui la conditionne, exige donc une analyse en amont du processus d'engendrement de l'innovation, contrairement au jugement de pertinence qui, comme nous le verrons, s'appuie sur l'analyse du processus en aval de l'étape choisie comme « occurrence ».

---

(1) Un mathématicien puriste pourrait vraisemblablement critiquer l'emploi du terme « probabilité » pour désigner cette évaluation de l'incertitude. On peut en effet contester qu'il s'agisse d'une probabilité au sens strict du terme, et peut-être vaudrait-il mieux parler de « vraisemblance », mais l'usage semble actuellement admis d'employer « probabilité », et nous nous y tiendrons.

## B) Le jugement de pertinence

En termes tout à fait généraux, nous pouvons considérer comme pertinente pour l'aménagement du territoire une innovation qui, selon une définition classique, est **susceptible de modifier la répartition dans l'espace des hommes ou des activités**. Plus concrètement, il faudrait que l'une au moins des conditions de la liste suivante, non exhaustive, soit remplie :

- la probabilité d'acceptation de l'innovation, ou, ce qui revient au même, la vitesse et les modalités de sa diffusion varient suivant les régions ;
- l'innovation est susceptible de modifier les relations entre les régions (par exemple en facilitant les transports ou les communications) ;
- l'innovation est susceptible de modifier les relations des individus à l'espace.

Si l'on veut analyser en détail les mécanismes pour lesquels ces divers résultats peuvent être atteints, il faut introduire plusieurs distinctions.

Tout d'abord, une innovation peut être pertinente soit parce qu'elle peut constituer un **moyen** pour une politique volontariste d'aménagement, soit parce que son apparition et sa diffusion, ou certaines des conséquences de celles-ci, constituent des **éléments exogènes**, du point de vue de l'aménagement, mais qu'il faut qu'il prenne en considération.

Par exemple, un nouveau mode de transport peut être considéré comme un moyen pour améliorer les relations entre deux régions, si on juge que c'est nécessaire, ou on peut admettre que, ce nouveau moyen étant diffusé, les relations entre régions vont s'en trouver modifiées, toute prévision ou décision future concernant ces régions devra en tenir compte ; ou encore, sa diffusion peut créer de nouveaux besoins en infrastructures, suscitant ainsi des problèmes auxquels il faudra faire face.

D'un tout autre point de vue, on peut distinguer la pertinence d'une innovation selon qu'on la considère comme une **production**, affectant par exemple la structure de l'emploi ou la proximité exigée avec les sources de matières premières, ou comme une **consommation**, modifiant le mode de vie des individus. C'est cette dernière distinction, indépendante de la précédente, qui va nous servir de guide pour la suite.

### 1 - LES INNOVATIONS DANS LA PRODUCTION

Il faut prendre en considération :

- les facteurs de localisation qui affectent la probabilité de voir l'activité nouvelle s'installer dans une région plutôt que dans une autre.
- les conséquences de cette implantation sur la vie économique et sociale de la région.

L'analyse des **facteurs de localisation** doit prendre en considération les points suivants :

- Y a-t-il des entreprises dont on peut s'attendre à ce qu'elles se reconvertissent vers la nouvelle production, soit pour des raisons de similitude technologique, soit à cause d'une similitude en fonction du produit, donc de clientèle (cf. substitution de la rayonne à la soie à Lyon) ?
- Comment l'innovation modifie-t-elle les relations de l'entreprise productrice avec :
  - ses fournisseurs,
  - ses sous-traitants,
  - ses clients ?

Actuellement, les développements technologiques, joints au coût relativement faible de certains transports, vont plutôt dans le sens d'une indépendance croissante dans le choix de la localisation. Les problèmes de main-d'œuvre sont probablement plus importants, mais cela demanderait à être vérifié dans chaque cas.

- Quels sont les besoins en main-d'œuvre qui sont susceptibles d'être mieux satisfaits dans certaines régions que dans d'autres, soit parce qu'il existe déjà une main-d'œuvre formée, soit parce que certaines régions présentent un pouvoir attractif supérieur pour la main-d'œuvre concernée ?

- Y a-t-il des contraintes d'implantation liées aux problèmes de pollution ? (possibilités d'évacuation des déchets, par exemple, ce qui exige qu'on prenne en considération également des innovations transformant la manière de traiter ceux-ci).

- Y a-t-il des environnements sociologiques ou culturels plus favorables que d'autres à l'implantation de la nouvelle production ? (proximité d'une université, possibilités d'emploi pour les conjoints, etc.).

Ces différentes questions nous permettent, dans une certaine mesure, de faire des prévisions sur la localisation des entreprises productrices (ou éventuellement utilisatrices) de l'innovation. Mais ce qu'il est important de prévoir, pour apprécier la pertinence de l'innovation, ce sont les **conséquences** sur la région où elles se sont implantées.

Ces conséquences portent principalement sur les points suivants :

- niveau et qualification de l'emploi ;
- niveau et distribution des revenus ;
- composition socio-professionnelle de la population ;
- modification de l'environnement physique ;
- modification de l'environnement socio-culturel ;
- modification de l'environnement économique ;
- modification des variations conjoncturelles ;
- modification des communications avec d'autres régions ;
- obsolescence d'autres productions.

## 2 - LES INNOVATIONS DANS LA CONSOMMATION

Une innovation peut se révéler pertinente de deux manières :

— Directement, en modifiant les aspects du mode de vie qui touchent à l'utilisation de l'espace. Nous pourrions mentionner dans cette rubrique tout ce qui touche les transports et les télécommunications, ainsi que l'habitat.

— Indirectement, en se diffusant de façon différente selon les régions. Des habitudes locales, des différences de niveau de vie, des facteurs traditionnels, religieux ou autres, peuvent faire que certaines innovations ne seront pas acceptées de la même façon dans différentes régions.

Par ce biais, des innovations qui n'ont aucun rapport avec les problèmes liés à l'espace pourront en définitive modifier des relations ou des équilibres entre régions. Par exemple, la possibilité de choisir le sexe de ses enfants, éventualité qui est sérieusement envisagée pour dans vingt ou trente ans, risque de se heurter dans certaines régions à des obstacles religieux ou culturels, et, lorsqu'elle sera utilisée, de ne pas l'être dans le même sens dans différentes régions. Il en résultera des modifications démographiques variables, avec toutes les conséquences sociologiques et démographiques que cela implique.

### **3 - SUR QUELQUES DIFFICULTÉS PARTICULIÈRES DE LA PROSPECTIVE TECHNOLOGIQUE**

#### **A) Prospective technologique à long terme et processus d'Innovation**

Un premier trait qui frappe à la lecture des fiches d'innovations prévisibles qui ont été établies, c'est que la presque totalité de ces innovations sont déjà à peu près au point, parfois même tout à fait, bien que encore peu diffusées. Il s'agit en fait plus d'un recensement des techniques de pointe que d'une recherche sur les innovations susceptibles d'apparaître et de jouer un rôle à long terme. Dans les limites de budget et de temps à l'intérieur desquelles nous avons travaillé, il est vite apparu difficile de faire plus.

Cette limite de notre travail doit être attribuée principalement à un facteur. Notre démarche a consisté à considérer quelques grands secteurs (travaux publics, logement, transport, eau, etc.) qui touchent de façon immédiate et évidente à l'aménagement du territoire, et à consulter des « experts » de ces domaines. Ces experts étaient choisis parmi des praticiens considérés comme particulièrement au courant de l'évolution de leurs techniques. Or, du fait même qu'il s'agissait de personnalités très engagées dans la pratique de leur profession, il s'est révélé qu'ils n'étaient guère au courant des découvertes ou des inventions qui sont encore loin de l'application, et dont par conséquent, la pertinence pour leur domaine propre est encore difficile à percevoir. Enfin, ces inventions résultent de recherches plus fondamentales, qui s'effectuent le plus souvent dans des cadres aussi bien institutionnels qu'intellectuels très différents de ceux dans lesquels nos experts évoluent d'habitude. Il en résulte que nous n'avons pu réunir que ce que connaissent de tels experts, c'est-à-dire des techniques nouvelles, déjà suffisamment au point pour que des praticiens les prennent en considération.

Pour pousser notre recherche plus loin et faire une prospective véritablement à long terme, il aurait donc fallu consulter des chercheurs plus en amont du processus d'élaboration de l'innovation, sans craindre les chercheurs dits « fondamentaux », pour savoir sur quoi ils travaillent en ce moment. C'est à partir de ces informations qu'on pourrait essayer d'imaginer le processus qui pourra peut-être aboutir, à partir de recherches très générales, à des innovations proprement dites ayant une portée pratique.

Rétrospectivement, on se rend compte que, si on avait cherché à faire de la prospective technologique vers 1935, par exemple, on serait vraisemblablement passé à côté de l'informatique si on s'était borné à interroger des fabricants de machines à calculer. C'est en s'intéressant aux électroniciens, aux spécialistes de la physique du solide et surtout aux logiciens

travaillant sur les langages formels, qu'on aurait eu quelque chance de soupçonner qu'une découverte capitale était imminente. De même, l'enseignement programmé était préparé à l'époque par les psychologues faisant des recherches sur les rats, et non par les pédagogues.

C'est donc en interrogeant des personnes qui travaillent soit au niveau de la recherche, soit à celui de l'innovation, qu'on peut espérer voir s'élaborer des innovations qui deviendront visibles en tant que telles dans dix, quinze ou vingt ans. Mais cette approche est difficile, et cela pour plusieurs raisons.

Tout d'abord, il s'agit d'un processus où les éléments d'incertitude sont nombreux : le cheminement qui mène d'une découverte fondamentale à une application achevée est complexe ; il dépend à la fois de décisions diverses (choix des thèmes par les chercheurs, décisions de financement et d'investissement, etc.), de la relation avec d'autres secteurs de recherche ou de développement, comme les synergies ou les transferts horizontaux, de la solution de problèmes annexes, parfois à première vue mineurs, mais capables de rendre une innovation inutilisable tant qu'ils ne sont pas résolus, et peut-être aussi d'une dynamique propre au domaine considéré, à l'importance des obstacles scientifiques rencontrés, etc. Depuis quelques années, un ensemble de travaux, sous les noms de « sociologie de la science » ou d'« économie de la recherche ou du développement », ont permis de voir plus clair dans certains de ces aspects, et le déroulement du processus de recherche et d'innovation commence à être mieux compris. Une prospective technologique sérieuse devrait s'appuyer sur de tels travaux, malheureusement peut-être encore trop peu développés eux-mêmes.

A côté de ces obstacles, théoriques et conceptuels, nous en rencontrons d'autres, plus pratiques et contingents, mais tout aussi paralysants. Lorsqu'une innovation est au point, ceux qui l'ont réalisée, n'ont guère de réticence à en parler, bien au contraire, même s'ils évitent d'entrer dans certains détails. De même, les chercheurs fondamentaux souhaitent le plus souvent une diffusion de leurs travaux aussi large que possible. Au près de ces deux catégories d'informateurs, nous ne rencontrerons probablement pas d'obstacles pour obtenir les renseignements voulus, même si, n'étant pas spécialistes, il nous sera parfois difficile de les comprendre. En revanche, le secret professionnel empêchera probablement de parler tous ceux qui appartiennent à des catégories intermédiaires. On a tout lieu de craindre que le laboratoire de recherches d'une entreprise n'acceptera guère de faire connaître ses directions de travail, même si on les aborde au nom de l'intérêt général. C'est l'expérience qui nous montrera la gravité de cette limite, mais il ne faut certainement pas la sous-estimer.

Mentionnons enfin un dernier type de difficulté, plus particulier à notre problème spécifique : dans cette approche « fondamentale », il devient difficile de nous laisser guider dans notre exploration par la considération de « domaines évidemment pertinents », comme nous l'avons fait jusqu'à présent. A priori, toute découverte peut être à l'origine, plus ou moins directement, d'une innovation susceptible d'intéresser l'aménagement du territoire ; on ne devrait donc en exclure aucune au départ. Ce n'est qu'après une étude prévisionnelle relativement longue et détaillée du processus d'innovation lui-même qu'on pourra peut-être dire, avec une probabilité raisonnable de ne pas se tromper, si une découverte, ou une direction de recherche, ont ou non des chances d'être pertinentes pour notre propos.

Ces considérations peuvent nous faire craindre qu'une véritable recherche de prospective technologique à long terme ne puisse être que longue et difficile, et soit nécessairement amenée à explorer des voies qui se révéleront être des impasses. En fait, la situation est moins grave qu'il ne le

paraît, car nous ne partons pas de zéro : de nombreux travaux de prospective générale, ou touchant à des problèmes particuliers différents du nôtre, ont permis d'accumuler une information importante qu'il s'agit maintenant d'exploiter à nos propres fins.

## **B) La prospective des problèmes**

L'approche proposée au paragraphe précédent a le défaut d'être très lourde, parce que trop générale. A la limite, c'est une prospective de l'ensemble du développement technologique qu'il faudrait faire. Pour éviter de se perdre, soit dans des généralités, soit dans une trop grande masse d'informations de détail, il serait indispensable de mener parallèlement une autre recherche qui, elle, serait directement centrée sur les problèmes de l'aménagement du territoire. Cette prospective des problèmes présente de nombreux intérêts.

En premier lieu, c'est évidemment une prospective des problèmes qui nous permettra de porter des jugements sur la pertinence d'une innovation. Expliciter les problèmes futurs est en effet indispensable pour éviter de rester trop accrochés aux problèmes actuels, et de n'apprécier l'intérêt d'une innovation qu'en fonction de ceux-ci.

Deuxièmement, une prospective des problèmes peut constituer un guide adéquat pour explorer l'ensemble des innovations prévues, et faire un premier choix pour isoler celles qui semblent devoir être les plus intéressantes. C'est là une des voies qui pourront nous permettre d'atténuer peut-être la trop grande généralité de l'approche par la recherche fondamentale dont nous avons parlé précédemment.

Enfin, recenser les problèmes futurs permettra aux Pouvoirs publics de mener une véritable politique scientifique ou technologique, à la fois en posant des problèmes aux chercheurs ou aux innovateurs, et en les aidant, financièrement ou par d'autres moyens. Une vue aussi claire que possible des problèmes futurs pour lesquels une solution technologique, même partielle, est envisageable, permettra de disposer de critères pour ce type d'intervention.

A ce propos, remarquons que le problème d'une politique scientifique et technologique des Pouvoirs publics commence à peine à être posé de façon systématique, et presque toujours en termes d'aide financière exclusivement. Sans méconnaître évidemment l'importance de cet aspect, remarquons que d'autres types d'intervention ont des chances d'être, eux-aussi, efficaces, par exemple ceux qui porteraient sur la circulation de l'information ou la collaboration entre les divers organismes qui interviennent dans le processus d'innovation. C'est là un autre intérêt de l'étude approfondie de ce processus.

Si une telle prospective des problèmes s'avère utile, et peut-être même indispensable, à côté des formes plus classiques de prévision, elle n'en reste pas moins difficile, et le chercheur se sent méthodologiquement démuné devant une tâche aussi complexe. Un certain nombre de suggestions sont cependant possibles, suggestions qu'il faudrait, bien sûr, étendre et approfondir.

Remarquons, tout d'abord, que la prospective des problèmes, si elle a rarement été distinguée comme telle, a toujours fait partie des recherches prospectives. La simple extrapolation par prolongement de « tendances lourdes » a pu faire apparaître des dépassements prévisibles de seuils, ou des saturations, ce qui constitue deux manières de déceler des problèmes



avant qu'ils ne se posent de façon aiguë. C'est ainsi que l'importance des problèmes de pollution et de dégradation de l'environnement a été signalée plusieurs années avant qu'ils n'aient la gravité actuelle et ne soient reconnus comme des problèmes urgents.

On peut également prendre conscience d'autres types de problèmes en rapprochant des prévisions faites dans des secteurs différents, et en montrant qu'elles sont incompatibles. Cette approche, plus rarement adoptée que la précédente, est très délicate dans son application. En effet, si deux prévisions se révèlent contradictoires, on peut toujours se demander s'il s'agit vraiment de deux processus dont les développements incompatibles susciteront une tension grave, ou si ce sont simplement les prévisions elles-mêmes qui, à cause du découpage en secteurs, ont négligé des interactions ou des mécanismes régulateurs.

Ces méthodes s'inscrivent dans une perspective habituelle dans les études prévisionnelles, et qu'on pourrait appeler « **prospectivité de la continuité** », qui d'ailleurs ne se limite pas à de simples extrapolations, mais, plus généralement, essaie de rattacher une certaine vision de l'avenir aux processus déjà existants au moment où on fait la prévision, qui permettront d'atteindre cet état futur. Peut-être faudrait-il compléter cette approche par une autre, complémentaire, et essayer de faire une « **prospectivité des ruptures** », ce qui devrait nous permettre de prendre conscience de l'émergence possible de problèmes d'un tout autre type que les précédents, ceux qu'on met en évidence par une analyse de la continuité.

Pour réaliser une telle ambition, les méthodes n'existent guère actuellement. Peut-être, plus que dans le cas d'études prospectives plus classiques, est-il indispensable de pouvoir nous libérer de nos habitudes de pensée, et de pouvoir concevoir de véritables nouveautés. Certes, si ce phénomène est radicalement nouveau, si rien ne peut le rattacher à la situation actuelle, on voit mal comment le prévoir, et peut-être faut-il se résigner à ce qu'il demeure effectivement imprévisible. En revanche, il existe certainement une autre catégorie de nouveautés, préparées par des facteurs ou des processus encore indiscernables, mais dont, plus tard, une analyse rétrospective nous montrera la présence, encore souterraine et mal assurée aujourd'hui.

Pour déceler ces facteurs, une démarche régressive peut nous aider, démarche au cours de laquelle on partirait d'un « état hypothétique » futur, c'est-à-dire de ce qui constitue d'habitude l'aboutissement des raisonnements prévisionnels. Posant provisoirement cet état hypothétique comme acquis, on pourrait, par exemple par une variante de la méthode des scénarios, se demander quels processus vraisemblables pourraient avoir un tel aboutissement, ou à quelles conditions un tel état deviendrait probable, ce qui permettrait un tri parmi tous les états hypothétiques qu'on aura pu imaginer.

La difficulté de la méthode est évidemment d'imaginer de tels états hypothétiques, et d'en engendrer une liste qui ne dépende pas trop de nos préoccupations actuelles, de nos habitudes ou de nos stéréotypes. Pour cela, on peut recourir aux méthodes de créativité qui se développent, avec plus ou moins de sérieux, depuis quelques années, mais qui sont plus conçues en vue de la recherche de solutions que de la recherche de problèmes. Parmi ces méthodes, peut-être celles qui sont les mieux adaptées à notre propos sont les plus mécaniques, celles qui recourent aux procédés les plus formels. Ce sont elles, probablement, qui attireront notre attention vers certains problèmes que nous avons l'habitude d'ignorer, mais qu'un procédé automatique devrait pouvoir engendrer.

Ce à quoi nous pensons, c'est principalement à des procédés combinatoires de transformation d'un texte, remplaçant systématiquement certains mots par d'autres pris dans un ensemble suffisamment large, et modifiant

les relations. Une combinatoire exhaustive devrait permettre d'engendrer de nouveaux textes dont certains n'auront pas de sens, d'autres se révéleront banals, mais dont certains, enfin, feront apparaître des idées nouvelles, des rapprochements inattendus, des questions auxquelles on n'avait pas pensé, et qu'on pourra alors soumettre à la critique. Certes, le choix du texte de départ, celui de l'ensemble des substituts seront fortement marqués par la situation actuelle dont nous voulons nous éloigner, mais leur combinaison, du fait même qu'elle est automatique, a quelques chances d'y échapper.

Nous sommes bien conscients de ce que ces propositions ont encore de vague et d'incomplet. Une recherche méthodologique approfondie serait indispensable pour poursuivre.

## DEUXIÈME PARTIE

# **IMPACT DES INNOVATIONS TECHNOLOGIQUES SUR QUELQUES ASPECTS DE L'AMÉNAGEMENT DU TERRITOIRE**

La plupart des innovations technologiques prévisibles que nous avons passées en revue risquent d'avoir, plus ou moins directement, des conséquences sur l'aménagement du territoire ; pour chacune d'elles, nous avons essayé de prévoir ces effets dans la rubrique « impact prévisible » des fiches de présentation. Mais il s'agit toujours de l'impact de l'innovation considérée en elle-même, de façon isolée. Si nous voulons faire des prévisions plus globales, et dégager de grandes tendances, il faudra prendre un peu plus de recul et adopter un point de vue plus synthétique.

Si nous passons en revue l'ensemble des fiches, un certain nombre de thèmes nous semblent revenir de façon particulièrement fréquente :

- impact des innovations sur la localisation des entreprises,
- modification de la structure des agglomérations,
- transformation du problème de la décentralisation.

Ces trois facteurs sont très liés, ce qui nous amènera souvent à faire des renvois d'un chapitre à l'autre. Ils nous semblent quand même constituer un découpage commode.

C'est de ces trois points de vue que nous essayerons de réfléchir sur les conséquences des innovations et de leur diffusion. Remarquons toutefois que notre travail reste encore sommaire : un travail prospectif plus approfondi devrait tenir compte d'un facteur que nous avons partiellement négligé, le décalage entre les dates d'occurrence de différentes innovations. Or, ces dates sont souvent très mal connues, situées simplement à l'intérieur de fourchettes parfois très larges. Or, de tels décalages peuvent avoir des conséquences importantes. En attendant la commercialisation d'une innovation, l'évolution sociologique et économique suit son cours, des substituts apparaissent, d'autres solutions sont imaginées, des situations se figent ou déterminent des conséquences à long terme. Cela risque d'être le cas, par exemple, de certains nouveaux modes de transports urbains ou suburbains. Actuellement, les villes se développent sans eux, en fonction des problèmes de transports qui sont ceux d'aujourd'hui. Selon que ces nouvelles technologies seront adaptées dans un an ou dans dix, les conséquences ne seront pas les mêmes.

Pour étudier systématiquement cet aspect du problème, il faudrait pouvoir construire différents scénarios, correspondant à des séquences d'occurrence d'innovations différentes. Mais cela sort de notre champ.

## **1 - IMPACT SUR LA LOCALISATION DES ENTREPRISES**

En première analyse, on peut prévoir que l'évolution technologique propre à chaque secteur industriel, ainsi que le développement des transports des personnes et des marchandises, vont assouplir considérablement les contraintes techniques qui pèsent sur la localisation des entreprises. La proximité des matières premières, des fournisseurs ou des sous-traitants semble moins décisive aujourd'hui qu'il y a même une vingtaine d'années, et on peut penser que cette évolution va s'accélérer. En revanche, la proximité de la clientèle et la présence d'une main-d'œuvre adéquate semblent de plus en plus recherchées par de nombreuses industries.

Par exemple, le développement de « technologies sèches » dans divers secteurs industriels permet de rendre les implantations pratiquement indépendantes des disponibilités en eau, et des problèmes de rejet ou de réutilisation des eaux usées. Dans un autre domaine, la localisation des raffineries de pétrole n'exigera plus, comme jusqu'à présent, la présence sur place de nombreux sous-traitants chargés de l'entretien et de la maintenance.

Toutefois, d'autres transformations technologiques interviendront en sens inverse, en liaison, elles aussi, paradoxalement avec le développement des transports et les télécommunications.

Le développement des transports classiques, rail et route, constitue, nous l'avons vu, un facteur d'atténuation des contraintes, atténuation renforcée par la généralisation, déjà largement amorcée, du transport par containers et par la possibilité de transporter par pipe-line des produits très divers, même solides. En revanche, le développement de très gros moyens de transports, comme les pétroliers géants ou les navires porte-barges, constitue un facteur de concentration.

Peu de ports peuvent accueillir les pétroliers géants actuels, et moins encore ceux qui sont en projet. Ces quelques ports ont donc toutes les chances de devenir des pôles d'attraction très puissants, non seulement par l'industrie pétrolière elle-même, mais aussi pour toutes les industries utilisant des hydrocarbures, à moins que des moyens de transports suffisants ne soient mis en service avant que cette concentration ne soit chose faite, ce qui est peu probable.

Les navires porte-barges, eux, en développant la navigation fluviale, pourront entraîner une certaine concentration des entreprises le long des voies d'eau, rivières ou canaux. Le réseau de canaux a donc quelques chances de jouer un rôle structurant au cours des prochaines années.

Les télécommunications pourront aussi jouer un rôle important. Leur premier effet, évidemment, sera plutôt de favoriser la levée de certaines contraintes. Nous reviendrons sur ce point en parlant du problème de la décentralisation. Mais, pour la pleine utilisation des nouveaux moyens de communication (vidéophones, etc.) et du télétraitement, le réseau actuel

s'avère de capacité nettement insuffisante. Un réseau de plus grande capacité, le réseau CADUCEE, doit être mis en service à titre expérimental en 1972. Il est évident qu'un tel réseau, si on décide de le développer, ne va pas recouvrir immédiatement l'ensemble du territoire, mais assurera vraisemblablement d'abord la liaison entre les grandes agglomérations. Pendant une période intermédiaire, qui risque d'être longue, ce réseau favorisera donc la localisation dans ces centres. Il jouera, lui aussi, un rôle structurant, et pourra de ce fait être utilisé pour une politique d'aménagement volontaire.

Il est difficile, aujourd'hui, de prévoir l'influence, et l'importance, des problèmes liés à la pollution. Selon les efforts qui seront faits dans chaque branche, selon l'évolution de la législation également, selon la politique qui sera donc adoptée, les entreprises seront plus ou moins libres de leur localisation. Par exemple, si les efforts portent vers la mise au point de technologies non polluantes, la latitude de choix sera considérablement accrue. Si, au contraire, on adopte une politique de spécialisation des cours d'eau, certains d'entre eux étant délibérément transformés en égoûts, et d'autres rigoureusement préservés, les cours d'eau sacrifiés constitueront des pôles d'attraction pour des entreprises.

L'environnement social joue aussi un rôle important dans les décisions de localisation. Nous y revenons plus loin à propos de la décentralisation. En général, on peut dire que des considérations de ce type sont favorables à la concentration d'entreprises diverses dans une même région. Pour les entreprises de pointe, l'exemple de la Route 128 est fréquemment cité, bien qu'on commence à mettre en doute l'efficacité d'une telle concentration. La proximité d'une université devient de moins en moins déterminante, puisqu'on en trouve dans un nombre croissant de villes, même moyennes. De plus, certains chefs d'entreprise redoutent un voisinage trop agité et contestataire.

Ces problèmes d'environnement social sortent toutefois du cadre de la prospective technologique, et mériteraient d'être étudiés pour eux-mêmes.

## **2 - MODIFICATION DE LA STRUCTURE DES AGGLOMÉRATIONS**

Ce sont évidemment les innovations technologiques dans le domaine des transports qui vont jouer un rôle déterminant dans l'évolution de la structure des agglomérations, mais les progrès des télécommunications sont à prendre en considération également, ainsi que quelques autres dont les effets sont moins immédiats.

A première vue, la possibilité de liaisons très rapides affectera surtout les relations entre métropoles très distantes, permettant ainsi une certaine décentralisation, dont nous avons indiqué les limites dans le chapitre consacré à ce problème. Mais les relations à grande vitesse peuvent aussi contribuer à créer des « agglomérations discontinues », une des formes envisageables de ce qu'on commence à appeler la « région urbaine ». En effet, de tels trains (ou éventuellement avions, nous y reviendrons plus loin) doivent, pour pouvoir maintenir une vitesse commerciale suffisante, ne relier que des points suffisamment distants les uns des autres, sans s'arrêter en cours de route. Il en résultera qu'il sera plus facile d'aller d'un de ces points extrêmes à l'autre, que d'une localité intermédiaire à l'un des pôles. De ce fait, Orléans pourra se trouver plus près du centre de Paris qu'Etampes, ou même que certaines communes de la banlieue parisienne. Il est concevable que, dans ces conditions, Orléans et Paris puissent constituer une unité, par exemple du point de vue du marché du travail, ou des loisirs, unité dont ne ferait pas vraiment partie la zone intermédiaire, moins bien desservie. Certes, ce résultat n'est pas évident, et on peut se demander s'il est souhaitable. De toutes façons, actuellement et peut-être pour une période encore assez longue, la distance psychologique risque de rester très liée à la distance spatiale, autant ou plus qu'à la durée effective du déplacement. Il faut aussi tenir compte d'une certaine inertie sociologique qui peut freiner considérablement une telle évolution. Enfin, les prévisions qu'on peut faire sur ce point dépendent très fortement du prix que devront payer les usagers de ces moyens de transport.

Tant qu'ils resteront coûteux, ils risquent de n'avoir d'autre conséquence que de permettre à des cadres supérieurs d'habiter facilement une petite ville, tout en continuant à travailler dans la métropole, ou de permettre la décentralisation de certains établissements d'une entreprise. En revanche, s'il existe une volonté politique qui s'exprime entre autres par les prix, de telles unités discontinues pourront se constituer.

En écrivant cela, nous avons à l'esprit principalement des transports terrestres, du type aéro-train, ou éventuellement turbo-train ; l'avion présente les mêmes caractéristiques (impossibilité de desservir les points intermédiaires), avec l'inconvénient, par rapport au train, de ne pas pouvoir pénétrer jusqu'au centre des villes. Les avions à décollage court ou vertical pourraient en partie pallier cet inconvénient, surtout si on arrive à les rendre silencieux. Mais ils sont encore loin d'être au point, alors que le turbo-train ou l'aérotrain le sont.

Passons maintenant à des problèmes plus classiques, ceux posés par l'organisation des agglomérations, principalement sous la forme de l'opposition centre/périphérie. Jusqu'à ces dernières années, la plupart des urbanistes, arguant de la généralisation de la voiture particulière, de la désaffectation concomitante pour les transports en commun et du goût généralement affirmé pour le logement individuel, ont préconisé des villes très étendues et de faible densité, avec des centres principalement consacrés aux affaires et des infrastructures routières importantes. A l'appui de leur conception, ils pouvaient avancer que c'est bien dans ce sens que se fait l'évolution « naturelle » des agglomérations, et qu'on voit apparaître des équipements nouveaux, adaptés à cette situation, comme par exemple les hypermarchés beaucoup plus accessibles en voiture que les commerces des centres.

Très récemment, cette tendance a commencé à perdre une part de la faveur dont elle jouissait. La difficulté de construire des routes suffisantes, l'impossibilité de remodeler entièrement le centre des villes anciennes, la nécessité de maintenir en tout état de cause un minimum de transports en commun pour les « usagers captifs », la résistance d'une partie de la population à voir la voiture orienter le développement du cadre de vie, etc., ont amené les autorités de la plupart des villes à proclamer, au moins en principe, la nécessité d'accorder la priorité aux transports en commun. C'est dans ce contexte qu'on peut apprécier les conséquences de l'apparition éventuelle d'innovations technologiques.

Celles-ci constituent un élément nouveau dans le développement urbain. En effet, alors que, depuis l'apparition de l'automobile et la substitution des autobus aux tramways, aucune innovation importante n'était apparue dans le domaine des transports urbains (1), aujourd'hui de nombreux procédés nouveaux sont soit prêts à être expérimentés, soit en bonne voie : nouveaux transports en site propre comme l'aérotrain ou l'URBA, bi-modes rail-route, différents systèmes de transports hectométriques (trottoirs roulants divers, ascenseur horizontal, etc.). Un peu moins près de nous, on peut prévoir la mise au point de véhicules individuels urbains silencieux, non-polluants, de faible vitesse et de faible capacité. Une meilleure exploitation des systèmes existants devient aussi possible : régulation par ordinateur des bus et de la circulation automobile, bus à la demande au trajet optimisé, qui assure le porte à porte tout en étant collectif, bus télé-guidé, ce qui permet une économie sur le coût du chauffeur, donc la possibilité d'avoir des véhicules de faible capacité pas trop coûteux, système de taxis sans chauffeur, etc.

Cet ensemble d'innovations présente une caractéristique très importante pour le développement futur des agglomérations : il devient possible de concevoir et de réaliser des systèmes de transport radicalement différents pour les centres denses et pour les banlieues dispersées.

Dans les centres, on pourrait imaginer une suppression quasi-complète de la circulation privée, avec un système bien géré de bus, de trottoirs roulants accélérés, et de véhicules individuels de faible taille, et banalisés. Dans ces conditions, d'ailleurs, la marche à pied serait probablement plus agréable qu'aujourd'hui, dans les bruits et les odeurs de la circulation, et pourrait redevenir un mode de déplacement important.

En banlieue, en revanche, les transports pourraient être assurés par la voiture individuelle, des petits bus téléguidés fréquents, des bus à la demande, et des véhicules bi-modes, individuels, ou collectifs assurant la pénétration en site propre dans les zones denses. De cette façon, la banlieue pourrait se développer et s'étendre tout en étant correctement irriguée par les transports en commun, les relations avec le centre étant assurées de façon satisfaisante.

(1) Ce n'est pas tout à fait exact : le vélo-moteur constitue une innovation importante par rapport à la bicyclette. Mais son développement et son impact ont été considérablement freinés par la diffusion simultanée de l'automobile, qui à la fois rend la circulation dangereuse et constitue un substitut très attirant.



Mais on peut aussi se demander si le centre urbain classique va conserver sa signification actuelle, ou plutôt l'ensemble de ses significations. En particulier, on évoque fréquemment le développement de télécommunications à l'appui de l'idée que la proximité physique, ou le déplacement qui l'assure, deviendront de moins en moins nécessaires. Les entreprises peuvent parfaitement communiquer par téléphone, par télex, par vidéophone, ou par tout autre moyen qui sera proposé. Le travail à domicile pourra se développer pour toutes les tâches qui ne comportent pas de manipulations matérielles : rédaction, dactylographie, calcul, etc. Les ménages, en tant que consommateurs, pourront parfaitement faire leurs commandes par téléphone ; et pour leurs loisirs, ils recevront à domicile, sur leur écran de télévision, des programmes présentant un choix suffisamment large pour remplacer une part importante des divertissements que peut proposer le centre. Après tout, ce n'est que pour les relations sexuelles ou pour se battre que la proximité physique est absolument indispensable. Tout le reste des relations se réduit à un échange d'informations, qui sera de mieux en mieux assuré par les nouveaux moyens de télécommunication. Dans ces conditions, le centre, qui se caractérise par la concentration, donc la proximité, de fonctions et d'équipements divers, perd l'essentiel de sa raison d'être.

Si cette analyse est correcte, les problèmes de transport que nous évoquions perdent une bonne part de leur gravité : on n'aura plus tellement de raisons de sortir de chez soi ou de son lieu de travail. Il nous semble toutefois que c'est une conception trop simpliste : le déplacement et le face-à-face direct nous semblent présenter des avantages qui, s'il est aujourd'hui difficile de bien les préciser, n'en sont pas moins importants, et ont toutes les chances de constituer des freins importants de l'évolution que nous avons supposée. Le plaisir de changer de cadre, la possibilité de relations informelles, non planifiées, telles que les permet la proximité physique, sont susceptibles d'apporter des satisfactions non négligeables.

Il ne faut pas oublier non plus que, parmi les raisons de se déplacer, il y a autre chose que les relations entre personnes ; le contact avec la matière, que ce soit pour la travailler ou pour la transporter, peut constituer un motif important de déplacement, pour lequel les télécommunications ne proposent pour le moment aucun substitut. Signalons à ce propos que le problème de la distribution des marchandises dans l'agglomération risque de devenir de plus en plus sérieux, qu'il peut peser fortement sur le développement urbain, et qu'aucune des innovations que nous avons recensées ne semble y apporter de solution.

\*\*

Il ne faut pas conclure de ces remarques que les nouveaux moyens de communication ne risquent pas du tout d'avoir un impact sur les structures urbaines : pour la localisation des entreprises, par exemple, ils donneront des possibilités de dissociation des différents établissements, donc une beaucoup plus grande liberté dans le choix de la localisation de chacun, en fonction de critères autres que la facilité de relations internes à l'entreprise. Sur ce point, nous pouvons renvoyer à ce que nous disons, à ce propos, sur le thème de la décentralisation. A une autre échelle, les problèmes sont les mêmes.

\*\*

Le problème du logement, malgré l'industrialisation prévisible de la construction, ne semble pas devoir être modifié profondément : de l'avis de la presque totalité des spécialistes, on construira par d'autres méthodes, des logements à peu près identiques à ceux que nous connaissons aujourd'hui. Toutefois, l'atténuation puis la résorption de la crise du logement ont des chances de faciliter considérablement la mobilité résidentielle, et par

là de modifier les conditions du marché de l'emploi ; il se peut que cela entraîne une plus grande mobilité de la main-d'œuvre. Mais il y a tant d'autres facteurs qui s'y opposent qu'il est peu probable que nous assistions à une transformation profonde des attitudes sur ce point au cours des prochaines années.

L'industrialisation du bâtiment pourra entraîner une réduction des coûts de la construction ; si l'aspiration à la maison individuelle se maintient, cela favorisera la multiplication des pavillons, et donc l'extension des banlieues aux dépens du tissu urbain classique. Peut-être verra-t-on se développer un habitat tout à fait diffus, s'étendant de façon continue entre des centres denses.

La maison mobile constitue, elle, une véritable innovation, bien que l'expérience américaine montre qu'elle est achetée plus en raison de son prix faible qu'à cause de sa mobilité. De telles maisons, peu coûteuses et de durée faible, peuvent permettre une utilisation des terrains réservés par la Puissance publique, par exemple pour des infrastructures routières ou d'autres équipements importants. Leur usage peut donc constituer un moyen pour une politique d'urbanisme à long terme.

### **3 - TRANSFORMATION DU PROBLÈME DE LA DÉCENTRALISATION**

C'est évidemment un problème actuel pour l'aménagement du territoire : le déséquilibre actuel entre Paris et la province va-t-il se maintenir, ou les efforts entrepris pour l'atténuer vont-ils, finalement, se révéler efficaces ? L'ensemble de l'évolution technologique prévisible, ou tout au moins les innovations auxquelles nous nous sommes arrêtés, ne semblent pas devoir agir de façon simple et univoque sur les tendances à la centralisation ou à la décentralisation. Un grand nombre de facteurs interviennent, dont les conséquences semblent devoir s'opposer. Il en résulte que la manière dont, à l'avenir, se posera le problème, sera certainement transformée ; mais l'état vers lequel on tendra ne peut pas être déterminé à partir des seules considérations technologiques. A côté de facteurs économiques ou sociologiques dont l'importance est évidente, la volonté politique jouera un rôle essentiel. Il apparaît, si notre analyse est correcte, que les Pouvoirs publics disposeront de moyens accrus pour intervenir dans un sens ou dans l'autre. Comment et à quelles fins ils utiliseront ces moyens, sort du champ de notre travail.

Pour cerner le problème, nous nous attacherons à deux facteurs importants qui pèsent fortement sur les décisions de décentralisation, que ce soient les décisions des entreprises ou celles des ménages : l'évolution de la qualité de la vie urbaine (qui, jusqu'à il y a peu de temps favorisait nettement Paris, et qui maintenant semble devoir agir en sens inverse) et les relations avec les centres de décision (qui favorisent nettement Paris). On pourrait y ajouter un troisième, l'ensemble des critères de localisation des entreprises, qui détermine l'importance et les caractéristiques du marché de l'emploi ; mais ce dernier facteur est de portée suffisamment générale pour être traité à part, pour lui-même.

Nous ne prétendons pas, par ces deux aspects, saisir le problème de la décentralisation dans toute sa complexité. Ils nous semblent néanmoins cruciaux, et particulièrement sensibles à l'évolution technologique prévisible.

#### **L'EVOLUTION DE LA QUALITE DE LA VIE URBAINE**

Jusqu'à une époque très récente, la vie à Paris était en général jugée beaucoup plus attirante que celle qu'on pouvait mener partout ailleurs en France ; la province était synonyme d'ennui, de sclérose économique et technique, de faibles possibilités de travail et surtout d'initiative professionnelle, de vie culturelle médiocre, d'éloignement des centres de décision, de possibilités insuffisantes de formation, principalement supérieure, alors qu'à Paris et là seulement, semblait-il, on pouvait bénéficier de tous les avantages correspondants. Certes, une part importante de ces avantages n'étaient guère susceptibles de toucher que les cadres, ou plus généralement les personnes de niveau socio-culturel élevé. Il n'en reste

pas moins vrai que, même pour les autres, « monter » à Paris, c'était aller vers un marché du travail important, et donc perçu comme plus stable qu'en province, avec beaucoup plus de possibilités de promotion et de réussite.

En quelques années, ce consensus s'est effrité, l'opinion générale a commencé à devenir de plus en plus favorable à la province. A Paris, les conditions de vie se détériorent rapidement : les déplacements deviennent de plus en plus difficiles, faisant perdre un temps qui retentit sur tout le mode de vie ; la croissance se fait par des banlieues de plus en plus lointaines où les avantages traditionnels de Paris ne sont plus qu'une possibilité théorique.

Dans le même temps, en province, un nombre croissant d'universités élargissent les possibilités d'accès à l'enseignement supérieur, et par là à la réussite sociale. La vie y est plus calme, les relations plus faciles, la nature plus proche qu'à Paris.

Néanmoins, le mouvement commence à peine à s'amorcer. Par exemple, les cadres des entreprises qui décident de se décentraliser n'envisagent qu'avec réticence de quitter la Région parisienne, quelles que soient les critiques que, maintenant, ils portent contre elle. Or, certaines innovations peuvent accélérer la tendance, en permettant aux provinciaux de bénéficier, et cette fois réellement, des avantages habituellement attribués à Paris.

Dès aujourd'hui, la télévision diffuse les mêmes programmes sur l'ensemble du territoire, à Paris comme dans les villages les plus isolés. En même temps qu'elle assure une distraction quotidienne, elle diffuse des thèmes culturels communs, des normes qui ont toutes les chances de s'imposer graduellement. Même si l'on perçoit cette diffusion comme une uniformisation regrettable, il faut penser qu'elle facilitera considérablement la mobilité géographique.

L'avantage de la télévision, qui est de garantir chaque jour un minimum de divertissement, pourra être assuré également par d'autres moyens, plus perfectionnés. Par exemple, la possibilité de se faire projeter sur un écran un film à la demande, à partir d'une cinémathèque centrale, contribuera certainement à compenser l'absence de spectacles dans certaines villes. Mais ceci est une perspective très lointaine. Auparavant, le système EVR, c'est-à-dire les cassettes préenregistrées permettant de passer à volonté des films (didactiques ou de divertissement) sur son appareil de télévision, et qui est sur le point d'être commercialisé, ne jouera probablement pas le même rôle. De même que, actuellement, les meilleures librairies se trouvent à Paris ou dans les grandes villes, on peut penser que les vendeurs ou les loueurs de ces cassettes ne se rencontrent guère dans les petites villes, là où le marché sera insuffisant.

On peut faire le même type d'analyse pour l'enseignement. Le perfectionnement des méthodes d'enseignement programmé et des méthodes audiovisuelles, jointes à la possibilité de transmission à distance, permettront à ceux qui sont isolés d'acquérir certaines connaissances malgré l'absence ou la faiblesse de l'encadrement pédagogique, et avec un minimum de déplacements.

La diffusion de l'information sera aussi plus aisée, au moins dans les villes grandes et moyennes. La composition à distance des journaux, ou leur transmission directe par télex chez l'abonné permettront de recevoir en même temps qu'à Paris les grands quotidiens nationaux, éventuellement avec une page locale. Il se pourrait d'ailleurs que celle-ci peu à peu disparaisse : on peut dire qu'à Paris, il n'y a plus de journaux locaux, ni rien qui soit l'équivalent des informations locales des journaux de province,

et personne ne semble s'en plaindre. On voit donc apparaître une évolution à double sens, sur laquelle nous aurons l'occasion de revenir à propos des problèmes de la localisation du pouvoir : un journal d'aussi bonne qualité que les journaux parisiens pourra être diffusé en province en même temps qu'à Paris. De ce point de vue, la différence avec Paris s'atténuera, au bénéfice de la province. Mais, en même temps, il se peut que cela entraîne la disparition à terme des journaux locaux, renforçant ainsi en fait une forme de centralisation, sauf évidemment si le siège de ces journaux se déplaçait. Or, au cours d'une première période, cela semble vraiment très peu probable. Dans une situation où la décentralisation serait accomplie, cette possibilité de transmission à distance n'agirait pas dans un sens centralisateur. C'est auparavant que la conséquence risque d'être une plus grande diffusion d'une presse nationale conçue à Paris, au détriment de la presse locale.

D'une façon générale, il apparaît que le développement des télécommunications va mettre à la portée de chacun, quel que soit son domicile, un grand nombre de liens culturels. La « consommation de culture », à la limite, pourra être la même partout, de même d'ailleurs que l'acquisition de connaissances. En revanche, tout ce qui exige un regroupement d'individus, l'existence d'un milieu stimulant, risque de rester lié à des agglomérations importantes. En particulier, la création, qu'elle soit artistique ou scientifique, semble exiger qu'on dépasse une certaine masse critique. Certes, à la fois le développement des transports et ceux des communications rendent les contacts plus aisés, mais il ne faut pas oublier qu'une des caractéristiques d'un « milieu », pris dans ce sens, est de permettre, entre autres, les échanges informels, difficiles à distance, malgré toutes les facilités apportées par les appareils.

En résumé, on peut faire la conjecture suivante : l'évolution technologique va permettre une décentralisation de la « consommation » culturelle, alors que la « production », vraisemblablement, restera plus longtemps centralisée. Mais, du point de vue qui nous occupe ici, c'est-à-dire l'aspect culturel de ce que nous avons appelé la qualité de la vie urbaine, c'est la décentralisation possible de la consommation qui constitue le point important.

Le problème de la décentralisation ne dépend pas seulement du pouvoir attractif des villes de province. L'évolution de la qualité de la vie à Paris pèse aussi très lourd. Un des aspects principaux de la dégradation de celle-ci, c'est l'allongement des temps de transport, allongement attribuable à la fois à la longueur des distances à parcourir et aux mauvaises conditions de circulation. Une amélioration sur ce dernier point pourrait contribuer à atténuer le désenchantement à l'égard de Paris. A ce propos un élément nouveau peut apparaître : alors que depuis fort longtemps, aucune véritable innovation n'est apparue dans le domaine des transports en commun, actuellement de nombreux procédés nouveaux sont proposés. Jusqu'à présent, aucun n'a encore été adopté, mais le problème est posé, et il est très peu probable qu'aucune de ces innovations ne soit utilisée. Ces nouveaux moyens de transports en commun, auxquels il faut ajouter la possibilité de nouveaux véhicules urbains individuels, de petite taille, silencieux et non polluants, susceptibles de constituer un système de taxis sans chauffeur, peuvent constituer des moyens pour une politique nouvelle des transports urbains. Nous avons parlé plus en détail sur ces nouvelles technologies, et sur leur impact, dans le chapitre consacré à l'évolution possible de la structure des agglomérations. Mais nous pouvons quand même mentionner ici que, grâce à elles, Paris pourrait devenir beaucoup plus vivable.

Ceci, joint au fait que, comme nous le suggérons ailleurs, la concentration et la centralisation du pouvoir ont tendance à s'auto-entretenir, doit nous amener à corriger ce que nos spéculations précédentes pouvaient avoir de trop favorable à la décentralisation. Si celle-ci doit s'amorcer, ce ne sera certainement pas sous la seule influence des innovations technologiques.

## LA LOCALISATION DES CENTRES DE DECISION

Un des arguments les plus fréquemment avancés pour justifier la nécessité pour la direction d'une entreprise d'être localisée à Paris, et même si possible dans quelques quartiers du centre, c'est qu'il est indispensable pour elle d'être « à proximité des centres de décision ». Ce qu'on entend par là est souvent vague, et peut désigner les administrations, les banques, les sièges d'autres entreprises, des organisations professionnelles, etc. A l'intérieur de l'entreprise, le regroupement de certains services à proximité immédiate de la direction, la possibilité pour les autres d'entrer rapidement en contact avec elle, constituent aussi des facteurs de localisation importants.

Certes, la localisation des divers établissements d'une entreprise ne se décide pas uniquement en fonction de cela, mais il est clair que la proximité, considérée comme facilitant les communications, constitue un facteur important. Il est donc utile d'examiner comment l'apparition de nouveaux moyens de déplacements et de télécommunications pourra modifier les conditions de problèmes.

La communication entre personnes, qui est au cœur de la question, peut être assurée, en principe, de trois façons : par la proximité physique permanente, par des possibilités de déplacement des personnes, par des moyens de télécommunication. La première, la proximité physique permanente, impose le plus de contraintes sur la localisation, mais facilite au maximum les contacts, et en particulier toutes les relations informelles. Une appréciation suffisamment précise des conséquences d'une décentralisation devrait s'appuyer sur une analyse, difficile à réaliser, de l'importance des contacts informels, et de leurs divers substituts possibles. Il ne faut pas oublier, comme on a parfois tendance à le faire, que la communication n'a pas seulement pour objectifs la circulation d'informations ou la transmission d'ordres, mais qu'elle est aussi nécessaire pour tout un jeu complexe d'influences et de négociations, jeu qui est une part essentielle de l'activité économique ou politique à un niveau élevé. La proximité physique, c'est-à-dire la concentration dans une même agglomération d'une « élite du pouvoir », permet la constitution et la perpétuation d'un milieu où tous ces contacts sont possibles sans efforts particuliers. De ce point de vue, la concentration en un même lieu de différents centres de décisions joue donc un rôle certain, et il ne semble pas que les nouvelles possibilités de transport ou de communication doivent transformer radicalement ce rôle.

Il en va tout autrement de la structure même des entreprises. Une dissociation très poussée des différents établissements d'une même entreprise sera bientôt parfaitement concevable et réalisable, grâce à la possibilité de transmettre à distance des documents sans perte de temps, de tenir des réunions sans se déplacer, grâce à un système de vidéo en multiplex, et, si c'est absolument nécessaire, de se rendre où il le faut sans trop perdre de temps, ce qui permettra de maintenir dans certaines occasions le contact face-à-face.

De cette façon, les entreprises, et surtout leurs unités de production et certains de leurs bureaux, pourront se localiser en fonction de critères tels que la proximité de nœuds du système de transport des marchandises, la minimisation de la pollution, la proximité de la clientèle ou de la main-d'œuvre, etc., et moins en fonction des relations internes à l'entreprise.

Si la tendance à la concentration des entreprises qu'on observe en ce moment se maintient, ou même, comme c'est possible, s'accélère, il va être très probable que, dans une premier temps tout au moins, leurs organes centraux continuent à être situés à Paris, mais que leurs établissements iront plus facilement se localiser ailleurs. On pourra donc peut être assister à un double mouvement de décentralisation de la production et de centralisation de la décision.

A plusieurs reprises, au cours des pages qui précèdent, nous avons insisté sur l'indétermination qui subsiste dans toutes nos prévisions. Il ne s'agit pas seulement de l'incertitude, évidente, due à l'insuffisance de nos connaissances et de nos méthodes, mais du fait que, dans la plupart des cas, l'évolution probable dépend, entre autres, des choix qui seront faits, des décisions qui seront prises par la puissance publique ou par les entreprises les plus importantes. Vues dans cette perspective, ces indéterminations, loin de n'exprimer que notre ignorance, nous signalent les points sur lesquels une marge de manœuvre reste possible, où des instruments sont disponibles, permettant à l'aménageur de tenter d'avoir prise sur l'évolution et de l'orienter.

Nous avons mentionné plusieurs fois l'importance des aspects temporels du processus de développement et de diffusion d'une innovation : les décalages, en particulier, risquent d'avoir des conséquences importantes, et on risque de commettre des erreurs importantes en raisonnant simplement sur une situation où toutes les innovations recensées seraient adoptées et diffusées. Mais si ces décalages constituent des sources d'incertitude, ils peuvent aussi constituer des moyens d'action. Les périodes intermédiaires, où certaines innovations sont inégalement diffusées selon les régions ou selon les groupes sociaux, peuvent être des périodes où une intervention, accentuant ou attirant ces différences, a des chances d'être particulièrement efficace. Elles peuvent aussi constituer des périodes critiques, où de nouveaux problèmes, des nouvelles tensions, risquent d'apparaître.

L'évolution technologique fournit ainsi à l'aménageur des moyens d'action puissants, en même temps qu'elle lui pose des problèmes nouveaux. Ce que seront les conséquences de cette évolution dépend, en dernière analyse, d'une volonté politique.

Celle-ci peut se manifester de plusieurs manières. Premièrement, par des actions visant à favoriser le développement d'innovations jugées utiles pour l'aménagement du territoire. Comme nous l'avons déjà dit, cette intervention peut se faire par des subventions, mais aussi par des mesures institutionnelles permettant la circulation de l'information et stimulant les transferts horizontaux. Deuxièmement, en utilisant une innovation comme instrument d'une politique. Enfin, en favorisant l'adoption de certaines innovations par les activités régionales ou locales et par les entreprises, par exemple en mettant sur pied des expériences pilotes bien adaptées aux demandes des décideurs.

Toutes ces interventions peuvent constituer une véritable « politique de l'innovation » au service d'une politique d'aménagement à long terme. Elles doivent être pensées comme un ensemble cohérent.

Bernard AVEROUS,  
Benjamin MATALON,  
Georges ROTTIER.

(Centre d'Etudes et de Recherches  
sur l'Aménagement Urbain - CERAU)

**RÉPERCUSSIONS RÉGIONALES  
A LONG TERME DES INNOVATIONS  
DANS LA FILIÈRE  
TEXTILE-CONFECTION**



La Délégation à l'aménagement du territoire et à l'action régionale a demandé au BIPE d'effectuer une étude sur l'évolution des techniques de la filière industrielle textile-habillement dans ses répercussions au niveau régional.

Cette étude a été abordée comme thème de recherche nouveau par rapport aux études régionales entreprises traditionnellement ; également, en raison de l'intérêt direct d'analyser les conditions d'adaptation à long terme d'un secteur industriel soumis à une forte pression d'innovations techniques, et dont le poids régional résulte de l'importance de sa population active, comme de ses conditions particulières de localisation et d'interdépendance vis-à-vis du cadre régional : ressources naturelles, activités complémentaires, traditions locales.

Les analyses régionales ont été développées jusqu'ici selon des approches ou géographique ou sectorielle, dans lesquelles la technique n'était prise en compte que rarement et seulement comme une étape transitoire du raisonnement. La région était étudiée en elle-même, sous l'aspect des flux interrégionaux, ou des interdépendances à l'égard de l'ensemble national ; les thèmes dominants de ces études apparaissaient de façon générale, la population, comme base de réflexion prospective et élément d'étude de l'équilibre régional, les grands équipements d'intérêt collectif et les diverses activités économiques, sous l'aspect du développement régional.

Il s'agit, au contraire, ici, de placer la technique au centre des réflexions sur le problème régional, en analysant les relations qui sont susceptibles de s'établir à long terme entre un certain état des technologies, la structure d'industrie existante et le milieu régional. Il paraissait séduisant de prendre pour thème fondamental de la recherche l'étude des relations réciproques, et pourrait-on dire « conséquentielles », entre ces trois variables qui interviennent dans le cadre régional : la technique, qui est un facteur relativement autonome et de portée mondiale, l'industrie qui constitue le milieu d'accueil de l'innovation, et la région comme entité économique et environnement géographique. L'expression « écologie industrielle » traduisait les problèmes que pose cette relation entre le facteur technique exogène et le milieu vivant que constituent les industries et la région où il s'insère.

Cependant, cette approche ne privilégiait pas assez l'étude de l'innovation comme force motrice s'appliquant à une structure régionale. Par ailleurs, la Délégation à l'aménagement du territoire et à l'action régionale souhaitait, dans la coordination de différentes recherches, disposer de travaux établis selon des normes communes qui étaient la constitution de fiches par innovation, permettant de caractériser chaque technique pour préciser ensuite ses conditions de réalisation (dates et facteurs d'occurrence) et son impact régional.

L'étude comprendra donc :

- une sélection des innovations de la filière textile-habillement en fonction de critères d'intérêt régional, parmi les très nombreuses manifestations du progrès technique dans ce secteur ;
- une suite d'analyses, par innovation, des conséquences de la technique sur les industries locales et la région ;
- une conclusion, au niveau régional, sur l'évolution des techniques de la filière, présentée en tête de document (principaux résultats de l'étude).

## **PRINCIPAUX RESULTATS DE L'ETUDE**

La filière des industries textiles et de la confection présente un caractère d'unité vis-à-vis du marché, mais une diversité extrême quant on considère les structures de fabrications et les techniques mises en œuvre. C'est pourquoi le premier chapitre a dû être consacré à sélectionner, parmi les nombreux progrès techniques qui toucheront ces industries dans l'avenir, celles qui présentent un intérêt au niveau régional.

Finalement, sept innovations majeures ont été retenues, qui se rapportent aux différents stades de transformation de la filière industrielle.

### **LA METHODE ADOPTEE**

Différentes méthodes d'analyse étaient convenables pour l'étude de l'influence de la technologie industrielle sur la région.

Les objectifs fixés par la Délégation à l'aménagement du territoire ont conduit logiquement à une méthode d'analyse exploratoire et de type « descendante », partant de l'étude de l'innovation pour aboutir au cadre régional.

Chacune des techniques qui ont été retenues a fait l'objet d'un chapitre, où ont été présentées les caractéristiques de l'innovation, sur le plan technique et par rapport au marché ; ensuite, indiqués les délais probables de sa mise en œuvre, compte tenu des différents facteurs de recherche et développement et d'ordre industriel ; enfin étudiées les répercussions que l'innovation serait susceptible d'entraîner sur les régions, au moyen de paramètres de régionalisation liés à la structure locale des industries.

A l'inverse, une prévision « ascendante », ayant pour départ les structures régionales de l'industrie étudiée considérées dans leur ensemble, aurait eu pour objectif de dégager les innovations d'intérêt régional en fonction d'une analyse spécifique des structures internes de l'industrie locale, en considérant ses contraintes d'environnement régional (ressources naturelles, pollution, marché du travail) et les impératifs de la concurrence au niveau du marché national et international. L'analyse de la technologie aurait dès lors pris un aspect normatif. Elle aurait eu pour objectif de rechercher les meilleures conditions d'adaptation des industries locales à l'évolution prévisible à long terme des techniques et de privilégier des innovations en fonction de ces critères.

La méthode d'analyse exploratoire de type descendante, qui a été retenue, aboutit à des résultats moins fins au niveau régional que l'approche inverse. Mais elle a le mérite d'apporter une vision plus globale des évolutions futures qui intéresseront simultanément plusieurs régions.

## **LES RESULTATS OBTENUS**

L'horizon des prévisions qui ont pu être chiffrées, est généralement 1985. Au-delà de 1985, il est difficile d'apporter d'autres informations que qualitatives, étant donné l'intervalle de temps par rapport à aujourd'hui, qui laisse ouverte la possibilité de développements technologiques difficilement prévisibles actuellement. Les facteurs qui interviennent pour freiner ou accélérer les évolutions ont pu être également replacés dans un cadre temporel, notamment les étapes nécessaires à la progression de la recherche et du développement.

Les conséquences au niveau des régions de la diffusion des innovations sont multiples : mais leur importance est inégale selon les structures techniques et industrielles locales où elles s'insèrent.

### **a) Conséquences sur l'environnement :**

Le traitement des produits textiles par des solvants, pour le lavage de la laine brute et l'ennoblissement des tissus (blanchiment, teinture et apprêts) pourrait avoir des effets bénéfiques, en supprimant une partie des prélèvements d'eau par les industries textiles et une partie importante des pollutions, notamment dans le Nord. Mais leur entrée en application n'est envisageable qu'à long terme, en raison des délais de mise au point des procédés et des matériels, et de l'importance des investissements que devrait effectuer l'industrie.

La fabrication des non-tissés, au contraire, sera susceptible de développer des pollutions à très long terme : au stade des consommateurs, dans la mesure où des produits à jeter après usage, qui seront consommés en quantité, créeront des problèmes de destruction, en particulier dans les grandes agglomérations ; au stade de la production, pour les non-tissés obtenus par voie humide (technique papetière) qui pourront développer des pollutions, en particulier dans la région « Rhône-Alpes » et la Basse-Seine.

### **b) Conséquences sur l'activité industrielle régionale :**

L'activité des industries textiles régionales est dans une large mesure conditionnée par leur compétitivité, qui se juge actuellement par rapport à un marché évolutif et dans un cadre international, étant donné la libération des échanges, à l'égard des pays du tiers-monde notamment.

Les techniques qui permettent de produire des articles textiles avec une faible proportion de coûts de main-d'œuvre créeront de plus en plus à l'avenir, surtout à long et très long terme, des conditions de compétitivité favorables à l'industrie nationale, donc aux industries localisées dans les régions. A ce titre, nous mentionnerons spécialement les non-tissés, les fils texturés de filière, la filature par turbine et les techniques de confection automatisées.

Par ailleurs, il importe de retenir les techniques qui donneront à l'industrie les meilleures possibilités d'adaptation au marché national, lequel est fortement soumis aux influences variables de la mode. Nous retiendrons le tricotage électronique et, à un moindre degré, le tissage sur machines sans navette, qui concilient les impératifs de rendement industriel avec des productions diversifiées.

### **c) Conséquences sur la localisation des industries :**

Dans les industries textiles, les innovations ne devraient pas modifier de façon directe et importante les localisations, étant donné le poids des traditions régionales (immobilisations, savoir-faire industriel, qualification de

la main-d'œuvre) et le rôle intermédiaire des firmes pour la mise en œuvre des innovations, qui ne sont pas conditionnées par le cadre naturel ou les infrastructures économiques régionales.

Mais les innovations seront un facteur de restructuration à long terme des industries textiles dans le cadre régional, parce qu'elles trouvent des conditions plus faciles de diffusion dans les firmes importantes (financement et volume de l'investissement, taille de marché à desservir, politique commerciale et de développement) : par exemple, le tricotage électronique, les traitements par solvants. Ou bien, elles privilégient un secteur de fabrication plus concentré que les industries concurrencées : par exemple, la texturation de filière, les non-tissés.

Au contraire, les industries de confection, qui se sont beaucoup localisées actuellement surtout en fonction de critères de main-d'œuvre (disponibilité et niveau des salaires) pourraient être contraintes, du fait des nécessités d'un encadrement qualifié pour le service des équipements automatisés modernes, à renoncer à des implantations dispersées en zones semi-rurales pour concentrer la fabrication à proximité de villes d'une certaine importance.

#### **d) Conséquences sur l'emploi régional :**

L'impact sur les effectifs employés est très inégal d'une innovation à l'autre. Il varie également en fonction des industries implantées dans les régions et devrait s'échelonner dans le temps.

Des réductions d'emploi sont à attendre dès 1980 de la mise en œuvre de la filature par turbine qui concernera particulièrement les régions du Nord, d'Alsace, de Lorraine et de Haute-Normandie. A plus long terme, le développement du traitement des textiles par solvants réduira les effectifs des régions du Nord, de Rhône-Alpes et de l'Est. Enfin, l'automatisation de la confection à très long terme supprimera beaucoup d'emplois non qualifiés, particulièrement dans la Région parisienne qui regroupe actuellement le quart de la population employée dans le secteur, mais également dans les régions Nord et Rhône-Alpes (10 % de l'emploi chacune).

Au contraire, les effets directs sur l'emploi sont négligeables pour les non-tissés, la texturation de filière et le tricotage électronique, où les effectifs employés sont faibles en valeur absolue et secondaires pour l'industrie par rapport au capital investi.

#### **e) Conséquences régionales de chaque innovation :**

Pour les répercussions régionales de chacune des innovations retenues, on se reportera dans le premier chapitre, à la « Sélection des innovations d'intérêt régional », qui résume les thèmes essentiels développés dans la suite de l'étude. Ainsi, l'innovation, qui ne représente a priori qu'une idée, prend sa signification quand on la confronte à l'industrie, qui est le terrain susceptible de l'accueillir ou de la rejeter, où elle puisera les éléments de son développement à long terme.

## **1 - SÉLECTION DES INNOVATIONS DE LA FILIÈRE TEXTILE-CONFECTION EN FONCTION DE CRITÈRES D'INTÉRÊT RÉGIONAL**

Avant d'aborder le sujet, il convient de présenter sommairement le secteur industriel qui sera l'objet de ces analyses.

La filière d'activités textile-habillement forme un ensemble cohérent d'industries par rapport au marché, ayant pour débouché privilégié la consommation des ménages qui représente plus de 85 % des ventes du secteur sur le marché intérieur ; le solde correspond aux ventes de produits textiles à des industries pour des usages techniques. L'habillement seul représente 80 % de la demande intérieure des produits du secteur. L'industrie de la confection, qui transforme en vêtements une partie des tissus produits par les industries textiles, représente elle-même 55 % de la demande intérieure, tandis que 30 % correspondent aux produits des industries textiles consommés par les ménages : articles vestimentaires de bonneterie et tissus, notamment pour l'habitation (linge de maison, ameublement, etc.).

Ce secteur se trouve de plus en plus concurrencé par les industries étrangères depuis l'année 1960, qui correspond au début de la période de libération des échanges ; ce qui se traduit par une stabilisation et même, ces dernières années, un léger déclin du solde des échanges extérieurs textiles, qui reste cependant excédentaire.

Sur le plan technique, les industries textiles et de la confection sont essentiellement des industries d'assemblage, faisant appel à des processus discontinus et des machines largement fondés encore sur les techniques mécaniques, héritées du XIX<sup>e</sup> siècle et perfectionnées depuis lors. Mais le progrès technique depuis 1950 conduit à de véritables innovations par rapport aux procédés classiques, ce qui déterminera à long terme une mutation dans les techniques de fabrication.

La diffusion du progrès technique s'effectue cependant selon des modalités propres à chaque stade industriel et de façon différenciée selon la répartition et la structure des industries, notamment dans le cadre régional. Par ailleurs, les progrès techniques se réalisent de façon décalée dans le temps.

C'est pourquoi, dans cette première approche, nous préciserons quelles sont les caractéristiques régionales des industries textiles et de la confection, avant de faire l'inventaire des progrès techniques en cours, et de présenter une sélection d'innovations susceptibles d'entraîner des effets au niveau régional.

## **A) Caractéristiques régionales des industries textiles et de la confection**

### **1 - L'IMPORTANCE NUMERIQUE DE LA POPULATION ACTIVE EMPLOYEE**

Selon le dernier recensement de population en 1968, les activités textiles et de la confection occupaient respectivement 460 000 et 350 000 personnes. Une faible proportion de ces personnes travaille dans des entreprises artisanales ou de petite taille, la majorité dans des entreprises de taille moyenne et de grandes firmes.

Deux régions rassemblent actuellement à elles seules le quart de la population active pour chaque industrie : le Nord, pour les industries textiles ; la Région parisienne pour la confection.

Alors que le reste des emplois sont relativement répartis sur le territoire pour la confection, le secteur textile se caractérise par une seconde grande région de concentration des activités, la région « Rhône-Alpes », qui représente 21 % des effectifs.

La classification des régions par ordre décroissant d'emploi (tableau ci-après) suggère que les facteurs de localisation sont indépendants entre ces deux activités. Cependant ressort l'importance du Nord et de « Rhône-Alpes », qui groupent pour l'ensemble des deux secteurs respectivement 158 000 et 138 000 personnes.

L'industrie de la confection n'a pas une influence dominante sur le marché du travail régional, en raison de sa relative dissémination.

Au contraire, les industries textiles représentent dans le Nord 26 % de l'emploi industriel, de l'ordre de 15 % dans les régions Rhône-Alpes, d'Alsace et de Champagne, 10 % environ dans les régions de Lorraine, Picardie, Haute-Normandie, Midi-Pyrénées. Mais localement, par rapport à une agglomération ou un département, la concentration de l'industrie textile peut être très forte. Par conséquent, les innovations ayant pour effet de réduire notablement les besoins de main-d'œuvre dans le secteur textile devront être retenues en priorité.

### **2 - L'AFFAIBLISSEMENT DE LA DEPENDANCE VIS-A-VIS DES RESSOURCES NATURELLES REGIONALES AU BENEFICE D'UNE DEPENDANCE ACCRUE VIS-A-VIS DES FACTEURS HUMAINS**

Beaucoup des industries textiles se sont développées traditionnellement à proximité de leurs facteurs de production.

Proximité des cours d'eau qui fournissaient primitivement la force motrice, en même temps que le conditionnement des ateliers (degré hygrométrique) nécessaire au travail des fibres, également l'élément indispensable à la teinture et l'impression des étoffes. C'est ainsi qu'avaient prospéré les régions de l'ouest de la France, autrefois.

Ensuite, l'apparition de la machine à vapeur et le développement des premières machines mécaniques du XIX<sup>e</sup> siècle ont provoqué un essor privilégié des régions du Nord et de l'Est, proches des mines de charbon et des constructeurs de machines.

LA POPULATION ACTIVE EMPLOYEE SELON LE RECENSEMENT DE 1968

Industries textiles et annexes		Habillement et travail des étoffes	
	Effectifs		Effectifs
Nord .....	121 000	Région parisienne .....	82 900
Rhône-Alpes .....	98 500	Rhône-Alpes .....	39 400
Lorraine .....	36 700	Nord .....	37 400
Alsace .....	30 600	Centre .....	23 100
Champagne-Ardenne .....	30 300	Pays de la Loire .....	19 400
Picardie .....	23 600	Provence Côte d'Azur .....	17 800
Région parisienne .....	21 800	Lorraine .....	13 400
Haute-Normandie .....	18 100	Picardie .....	12 400
Midi-Pyrénées .....	16 700	Midi-Pyrénées .....	12 300
Franche-Comté .....	10 800	Bretagne .....	11 600
Languedoc-Roussillon .....	8 500	Aquitaine .....	11 500
Pays de la Loire .....	7 400	Alsace .....	10 300
Bourgogne .....	7 100	Haute-Normandie .....	10 200
Autres régions .....	(30 500)	Autres régions .....	(50 700)
France entière .....	461 600	France entière .....	352 400

La proximité des ressources de matières premières a conditionné également le développement historique de certaines régions : matières premières issues de l'agriculture régionale, telle la soie pour la région lyonnaise et la laine pour la région Midi-Pyrénées ; et matières premières importées par les ports, tel le coton pour les industries de Normandie et du Nord.

Cependant, dès l'origine, le facteur humain n'était pas étranger à la croissance de l'industrie textile régionale :

- prospérité des places commerciales (Lyon, Champagne, Flandres) ;
- faculté d'invention technique (matériels de filature du coton et de la laine dans le Nord et l'Est, métier Jacquard à Lyon) ;
- faculté d'adaptation des entrepreneurs aux aléas du marché par le développement d'activités textiles nouvelles et complémentaires, dont les régions du Nord et de Lyon ont donné l'exemple dès le XIX<sup>e</sup> siècle.

Ces facteurs historiques de localisation ont déterminé, aujourd'hui, un ensemble de traditions régionales, qui constituent un pôle de fixation des activités textiles.

Le savoir-faire acquis par les firmes de la région, comme la qualification de la main-d'œuvre locale, donnent en effet à ces régions une avance suffisante pour être en mesure d'exploiter les premières les avantages d'un progrès technique, comme les incitations du marché. C'est ainsi que la région lyonnaise a pu, ces vingt dernières années, développer de façon presque exclusive par rapport aux autres régions textiles une industrie de texturation des fils continus synthétiques, en raison de ses traditions de transformations de fils lisses de soie et de rayonne. De même le Nord, déjà spécialisé dans la filature de cvcle peigné, s'est plus vite adapté que les autres régions à la filature des fils fins de fibres synthétiques. La région de Troyes, également, a maintenu sa spécialisation dans le domaine de la maille depuis l'origine, en renouvelant ses procédés techniques et ses marchés.

Aujourd'hui les localisations des établissements industriels sont beaucoup plus déterminées en fonction de facteurs humains :

- impératifs de gestion de la firme, qui déterminent une limite d'éloignement par rapport aux centres de décision de la firme ou du groupe ;
- disponibilités régionales de main-d'œuvre, pour les transplantations d'industries (par exemple, régions désaffectées des mines) et les implantations nouvelles, dans le secteur textile et de la confection ;

— qualité de l'environnement régional, sous l'aspect de la formation professionnelle et de l'aide technique que reçoit la firme elle-même (université, centres de recherche) et pour les services offerts par la région aux cadres de l'entreprise ;

— proximité des grandes zones de consommation.

Le facteur technique constitue dès lors seulement un moyen pour les firmes régionales de s'adapter à la concurrence, en créant de nouveaux produits, ou bien en améliorant la rentabilité dans les fabrications. Mais, le milieu industriel préexistant conditionne beaucoup les possibilités de diffusion de l'innovation.

### 3 - LA DIFFERENCIATION DES INDUSTRIES REGIONALES ET L'AFFAIBLISSEMENT RELATIF DE LA SPECIALISATION

#### a) Industries textiles :

Le secteur textile se caractérise par deux types de régions :

● Les régions à activités textiles polyvalentes que sont le Nord et la région « Rhône-Alpes » : elles associent à une activité industrielle de confection un complexe relativement équilibré d'industries textiles, comme il ressort du tableau ci-après.

REPARTITION REGIONALE DES SALARIES		en %	
Nord		Rhône-Alpes	
Industrie lainière ..	36	Industrie de la soierie ..	37
Industrie cotonnière ..	26	Industrie des TAS ..	14
Bonneterie ..	9	Industrie de la bonneterie ..	13
Autres industries textiles ..	(29)	Industrie des teintures et apprêts	12
		Autres industries textiles ..	(24)
<b>Total</b> ..	<b>100</b>	<b>Total</b> ..	<b>100</b>

Les industries textiles du Nord se caractérisent par l'importance relative des industries de filature, une structure industrielle dans l'ensemble concentrée, une rapide adaptabilité aux évolutions techniques.

La région « Rhône-Alpes » oppose des industries concentrées et proches de la chimie, comme la production des textiles artificiels et synthétiques, les teintures et apprêts, et le secteur de la texturation, à une structure de tissages très dispersés dont une partie sont spécialisés dans les articles de nouveauté.

● Les régions à forte prédominance d'un seul type d'activité textile, qui représente au moins la moitié de l'industrie textile régionale :

- Champagne-Ardennes : bonneterie 71 %
- Midi-Pyrénées : industrie lainière (1) 67 %
- Lorraine : industrie cotonnière 63 %
- Alsace : industrie cotonnière 50 %
- Haute-Normandie : industrie cotonnière 50 %

(1) Travail de la laine cardée et production de tissus de nouveauté.



## **b) Industries de la confection :**

Dans le secteur de la confection, il semble que les localisations soient réparties en fonction de deux critères :

- proximité de grandes zones de consommation, telles la Région parisienne, les régions limitrophes du Bassin parisien, le Nord, la région lyonnaise ;
- conditions aisées de recrutement de la main-d'œuvre.

On remarquera que la confection artisanale et sur mesure ne représente que 6 à 7 % des personnes déclarant un emploi de confection dans les régions du Nord et de Rhône-Alpes, alors qu'elle dépasse couramment la proportion de 15 % dans d'autres régions, et atteint le quart de l'effectif dans la Région parisienne et la région Provence-Côte-d'Azur.

Il sera donc intéressant de retenir les innovations qui seraient susceptibles d'influer sur les critères et les conditions actuelles de localisation des activités de confection.

## **4 - LA DEPENDANCE ACTUELLE DES INDUSTRIES TEXTILES REGIONALES DE L'ECONOMIE INTERNATIONALE**

Le secteur textile est de plus en plus largement mis en concurrence avec les industries textiles étrangères, du fait de l'unification du Marché commun et de la libération croissante des échanges à l'égard du tiers-monde.

Aussi le maintien des industries textiles dans le cadre régional est-il en premier conditionné par leur faculté de celles-ci de survivre par rapport à leurs concurrentes étrangères.

C'est pourquoi il sera intéressant de repérer parmi les progrès techniques, ceux qui sont susceptibles de modifier de façon importante les coûts de fabrication, et constitueront donc un passage nécessaire pour les industries.

L'analyse du milieu régional par rapport aux contraintes qu'imposera l'innovation permettra de préciser si les industries régionales sont susceptibles de bénéficier à long terme de celle-ci.

## **B) Inventaire des progrès techniques Intéressant la filière d'industries textile-confection**

### **1 - RAPPEL DES TECHNIQUES DE PRODUCTION DES INDUSTRIES**

La filière de production textile-habillement se compose de plus d'une vingtaine de branches d'activité différentes, qu'il est commode de regrouper en trois catégories : industries de confection, industries textiles d'assemblage et industries textiles de production et ennoblissement des matériaux.

#### **a) Les industries textiles de production et d'ennoblissement des matériaux**

Sous cette rubrique, nous regroupons :

- la production des matières premières textiles (fibres discontinues et fils continus) d'origine chimique, appelée industrie des textiles artificiels et synthétiques (TAS) ; ce secteur est en fait très proche de l'industrie chimique ;

— l'industrie du moulinage, qui comprend d'une part des opérations classiques de retordage de la soie et d'assemblage de fils fantaisie, faisant appel à des machines textiles classiques ; d'autre part, la texturation des filaments synthétiques continus, qui met en œuvre un équipement moderne automatisé et programmé ;

— l'industrie des teintures et apprêts, appelée également ennoblissement, qui assure le blanchiment, la teinture, l'impression et les apprêts des matières textiles et des produits aux différents stades du processus de production. Les équipements y sont très variés, en fonction des cycles de traitement à effectuer.

## **b) Les industries textiles d'assemblage**

Elles comprennent, en remontant de l'aval vers l'amont :

— La bonneterie, qui se définit comme une industrie du tricotage, et produit des articles d'habillement (bas, chaussettes, sous-vêtements et vêtements) et des étoffes en maille. L'article en maille diffère du tissu appelé « chaîne et trame » par le fait que l'étoffe est formée par une série de boucles, alors que l'étoffe « tissée » résulte de l'entrecroisement des fils. Les produits sont dans certains domaines concurrents entre bonneterie et tissages.

La bonneterie met en œuvre des machines très variées, spécialisées en fonction des fabrications (1), selon la jauge (écartement des aiguilles qui conditionne le degré de finesse des fils employés) et les possibilités d'armures et de tricotage en plusieurs couleurs.

Les firmes pallient à la spécialisation de l'équipement en ayant recours à des parcs variés. La bonneterie intègre, également, des opérations de confection des tricots produits. Il est donc extrêmement difficile de saisir dans ce secteur les conséquences du progrès technique, qui est réparti dans des équipements très diversifiés et par conséquent diffus.

— Le tissage réalise des étoffes diversifiées en structure et couleur par l'entrecroisement de fils, appelés chaîne et trame, selon différentes armures et contextures. On distingue, en fonction des spécialisations anciennes, les tissages du coton et lin, de laine et de soieries (ces derniers employant en quasi-totalité des fils et filés artificiels et synthétiques). Mais, en pratique la technique de fabrication est identique. En outre, la distinction selon la matière principale employée tend à s'affaiblir du fait du développement croissant des mélanges de fibres chimiques (notamment synthétiques) avec les fibres naturelles.

— La filature réalise l'assemblage de fibres discontinues naturelles (coton, laine, lin, jute) ou chimique (artificielles, synthétiques) pour former un filé qui est utilisé en aval à la fabrication d'étoffes tissées ou tricotées. Sur le plan industriel, on distingue plusieurs activités : la filature de coton, le peignage et la filature de laine peignée, la filature de laine cardée, la filature de fibres dures (jute) ; les processus de production sont relativement spécialisés selon la matière à traiter.

Les machines, dont le principe est commun, sont adaptées en fait à chaque industrie et réalisent une série d'opérations : nettoyage et démêlage des fibres (battage du coton, lavage de la laine, cardage des fibres) assemblage et étirage des rubans de fibres ; enfin, filature proprement dite, qui se réalise sur le continu à fibres classiques par un étirage final du ruban de fibres et sa torsion.

— Les non-tissés réalisent un processus court et direct de production de surfaces planes, ou « tissus » au sens large, ne faisant appel ni à la filature, ni au tissage. Les techniques de production des non-tissés exploités

(1) Métiers-trame rectilignes et circulaires grand diamètre : tricot au mètre ; métiers-trame Cotton : vêtements proportionnés ; métiers-trame circulaires petit diamètre : bas et chaussettes ; métiers-chaîne : étoffes indémaillables et tissus spéciaux.

industriellement sont dès à présent nombreuses et donnent des produits variés, chacun d'un usage spécifique. Mais globalement, ces produits ne représentent qu'une part infime de l'activité textile actuelle.

### **c) Les industries de la confection**

La confection fabrique des vêtements en réalisant l'assemblage de pièces de tissus (tissés ou tricotés) par une suite d'opérations : établissement des patrons et leur placement sur le tissu, qui sont traditionnellement des opérations manuelles ; ensuite, coupe du tissu ; enfin assemblage des pièces par piqure. Les industries de la confection sont en pratique distinguées en industries de la confection masculine, de la confection féminine, de la chemiserie-lingerie, pour ne retenir que les grands types d'activités.

A l'heure actuelle, l'équipement est constitué le plus souvent de petites machines, qui ne sont que des outils, conduites chacune par une ouvrière.

Les industries de la confection, fortement tributaires du facteur main-d'œuvre, s'opposant donc sur le plan technique aux industries textiles pour lesquelles l'équipement représente un facteur important du processus de production, en particulier lorsqu'on remonte de l'aval vers l'amont du secteur.

## **2 - LES PROGRES TECHNIQUES DANS LA FILIERE TEXTILE-CONFECTON**

Pour les industries de la confection, l'évolution actuelle oriente le secteur vers une mutation de processus semi-mécaniques et manuels à des processus automatiques avancés.

Dans l'ensemble des progrès techniques qui affectent les industries textiles, mécanisées depuis le XIX<sup>e</sup> siècle, on a d'abord observé un perfectionnement des techniques mécaniques traditionnelles ; la part essentielle des progrès enregistrés ces dernières années consistant à augmenter les performances des machines, à améliorer leur condition d'utilisation et à intégrer des automatismes de plus en plus évolués. Mais les innovations proprement dites tendent aujourd'hui à avoir un rôle dominant et débordent le domaine mécanique.

Pour la filière textile-confection, les innovations techniques au niveau des produits concernent seulement les tissus non-tissés et les fils texturés, si l'on considère que l'innovation correspond à un changement de conception du produit dans sa structure, son procédé de fabrication et son marché. Au contraire, nous ne retiendrons pas l'évolution dans la nature des constituants textiles que représente l'emploi croissant des matières synthétiques (innovation pour l'industrie chimique) dans la mesure où elle ne s'accompagne pas, au niveau de la filière considérée, de changements profonds des processus de fabrication ou de la conception technique des produits.

A l'inverse, les mutations techniques au niveau des équipements, qui modifient le processus de production, sont assez nombreuses dans la filière textile-habillement. Cependant, il convient ici de distinguer la phase de recherche, aboutissant au prototype industriel, de la période de diffusion de l'innovation dans les industries ; avec cette nuance que chaque innovation mise au point fait l'objet de travaux complémentaires de recherche, qui élargissent progressivement son champ d'application, et par là-même développent peu à peu les conditions d'emploi de la technique nouvelle dans les industries.

Les innovations mises au point à partir de 1950, et déjà diffusées, représentent encore une faible part de l'activité de la filière industrielle ; par ailleurs, un certain nombre des innovations ne sont aujourd'hui qu'au stade de la recherche, ou du prototype industriel.

Nous citerons dans le cadre de chacune des industries qu'elle concerne les innovations qui intéressent les structures industrielles pour l'avenir à moyen ou long terme. Nous effectuerons ensuite une sélection parmi celles-ci, en fonction de critères d'intérêt régional.

#### **a) Industrie de la confection**

— Gradation et coupe automatique des patrons avec ordinateur :

Ce procédé se trouve, en 1970, au stade de la diffusion expérimentale ; il permet d'accélérer la rapidité de préparation des modèles en confection, sans changement dans les coûts, et comporte peu d'incidences régionales, si ce n'est la création d'un centre assurant les services en commun pour les entreprises.

— Coupe du tissu par machine à commande numérique :

Ce procédé se trouve au stade de la première diffusion industrielle aux Etats-Unis. Les possibilités de diffusion semblent limitées en France à moyen terme. En effet, cette technique conduit à automatiser une opération où la main-d'œuvre est limitée, au prix d'un gros effort d'investissement et de gestion. Son implantation n'est donc envisageable qu'à long terme et dépendra de la structure des firmes. Nous retiendrons que cette technique est susceptible d'intervenir dans l'automatisation future des fabrications et la concentration de ce secteur industriel, qui pourront modifier le poids régional des activités de confection.

— Assemblage des tissus avec manutention, positionnement et guidage automatique des tissus sur la machine à coudre :

Les premiers prototypes industriels ont été présentés récemment, mais l'essentiel des recherches est en cours ; ces procédés ne sont pas encore opérationnels. Ils permettraient d'automatiser un processus qui représente une très forte participation de travail manuel. Peu rentable à moyen terme, par comparaison aux procédés classiques de manutention qui ont été améliorés, la technique devrait trouver de l'intérêt à long terme et très long terme et avoir une incidence importante sur l'emploi et la localisation des activités.

— Assemblage des tissus par soudage et collage :

Les premières réalisations modernes automatiques concernent le secteur des vêtements éphémères (non-tissés) ; des recherches sont en cours, mais les applications restent limitées, en fonction de la nature des tissus, et la mise en œuvre industrielle du procédé requiera très peu de main-d'œuvre ; le développement de nouvelles fabrications selon cette technique implique pour l'avenir peu d'effets au niveau régional.

#### **b) Ennoblement textile : industrie des teinture et apprêts**

— Traitements par solvants des textiles :

Ces procédés interviennent dans les opérations de lavage de la laine brute, de blanchiment des tissus avant teinture ou impression, de teinture des tissus synthétiques et d'apprêts divers ; la technique est au stade des recherches, ou de la première diffusion selon les procédés ; elle permet d'accélérer le temps d'opération, corrélativement de réduire l'emploi, et de limiter les besoins en eau des industries textiles. Elle impliquera donc des effets régionaux importants à long terme.

— Colorimétrie par ordinateur (sélection des colorants) et teinture automatique programmée par ordinateur :

Procédé au stade de la première diffusion industrielle, qui permet d'améliorer la qualité de la teinture et d'automatiser le processus. Mais la diffusion est limitée aux grandes unités industrielles et sans incidences régionales majeures sur l'emploi.

— Teinture différentielle et impression par transfert :

Procédé au stade des premières applications et des recherches, avec impact régional, mais limité à certaines catégories de production.

— Greffage de fibres :

Des recherches sont en cours sur cette technique dont les effets portent essentiellement sur le produit et qui ne présente pas d'effet régional, sauf la création éventuelle d'un centre d'irradiation des fibres.

### **c) Industrie de la bonneterie**

— Métier Rachel à insertion frontale (type Co-we-nit) :

La diffusion de ce type de machine est encore expérimentale et les recherches se poursuivent ; cette technique permettra de nouvelles fabrications de tissus en maille, plus proches d'aspect des tissus tissés, à une vitesse triple des métiers à tisser actuels les plus modernes. Cette technique qui touche au produit n'a pas encore d'incidences régionales mesurables, elle pourra intéresser aussi bien la bonneterie que les tissages.

— Métier circulaire à commande électronique :

Dès à présent, la sélection électronique des aiguilles du métier est opérationnelle : elle permet de produire des tissus tricotés variés avec un rapide changement des fabrications, au moyen d'un système de commande électromécanique (film) ; la diffusion industrielle de cet équipement est imminente. Mais la commande-contrôle intégrale du métier n'est encore qu'au stade des recherches ; elle permettra d'automatiser complètement l'opération de trimotage et de supprimer la main-d'œuvre actuelle de conduite des métiers, remplacée par des techniciens, ce qui limitera les possibilités d'emploi régional.

### **d) Tissages**

— Machine à tisser sans navette :

Ce type de métier à rendement double des métiers classiques (à navette) commence à se diffuser depuis dix ans dans les industries textiles, mais ne représente encore en moyenne qu'une faible part des parcs existants. Il tendra à se généraliser dans l'avenir et implique une réduction de l'emploi régional dans l'ensemble des tissages.

— Métier à foule ondulante :

Ce métier à tisser est au stade des recherches ; il permettra de substituer un procédé de « tissage continu » au procédé actuel de tissage (par mouvement alternatif du métier), avec des rendements se rapprochant des métiers de bonneterie ; adapté aux fabrications en grandes séries, ce métier se substituera aux machines à tisser sans navette pour certaines productions en accentuant la réduction d'emploi dans les tissages.

— Métier à tisser à commande-contrôle électronique :

La technique n'est encore qu'au stade des recherches ; elle pourrait être associée à divers principes de métiers (à navette, sans navette, à foule ondulante) et permettrait d'automatiser complètement l'opération de tissage en supprimant la main-d'œuvre de surveillance des métiers. Elle contribuera à restreindre à très long terme les emplois offerts par les industries textiles, mais ses effets au niveau régional ne sont pas encore analysables actuellement.

#### e) **Filatures**

##### — Filature par turbine :

Ce procédé nouveau de filature, « open-end », est en cours de diffusion expérimentale dans l'industrie. Cette technique permet d'accélérer l'opération finale de la filature et de réduire l'emploi au niveau où se situe la plus forte proportion de main-d'œuvre dans les filatures. D'une application générale, sauf aux filatures de laine (pure et mélangée), elle aura des effets à long terme sur l'emploi régional, dans l'industrie cotonnière particulièrement.

##### — Filature électrostatique :

Cette technique se situe au stade de la recherche ; elle permettrait de substituer un processus réduit aux nombreuses opérations de la filature ; les perspectives sont encore incertaines et aléatoires ; elle pourrait avoir des conséquences importantes sur l'emploi, mais qui ne sont pas prévisibles actuellement.

##### — Filature par fluide :

La technique se situe au stade de la recherche ; les perspectives d'application envisageables sont très éloignées (au-delà de 1990) ; les modalités pratiques sont inconnues aujourd'hui.

#### f) **Industrie du moulinage : texturation**

##### — La texturation de filière :

Ce procédé qui se situe au stade de la première diffusion va se développer à moyen et long terme ; il permettra de réaliser la texturation des filaments synthétiques au stade du filage. Il crée pour l'avenir une concurrence de l'industrie des TAS à l'égard de l'industrie lyonnaise du moulinage, qui produit des fils texturés conventionnels, et indirectement à l'égard des filatures, en accentuant la substitution aux filés de fibres. Les effets régionaux seront relativement concentrés sur la région Rhône-Alpes, étant donné les localisations dominantes.

##### — La texturation chimique :

Technique au stade des recherches, ayant un intérêt à très long terme pour conférer aux tissus finis des propriétés textiles améliorées, sans impact régional discernable.

#### g) **Non-tissés**

La diffusion industrielle est effective depuis plusieurs années pour les non-tissés fabriqués par voie sèche (procédé textile), récente pour les non-tissés fabriqués par voie humide (procédé papetier) et les non-tissés de filière (procédé de l'industrie chimique). Le développement industriel est en cours. Les effets directs sur l'emploi sont réduits, mais des effets régionaux indirects par concurrence de processus traditionnels de production sont envisageables à long terme.

#### h) **Industrie des TAS**

Le progrès consiste dans l'amélioration des propriétés des polymères (fibres composites) et une maîtrise accrue des procédés de polymérisation. Les effets directs portent sur la qualité des produits et l'étendue du marché des fibres chimiques ; ils ne sont pas régionaux, la localisation de ces industries répondent à d'autres critères et l'emploi n'étant pas directement tributaire de ces progrès techniques.

## **C) Sélection des innovations d'intérêt régional**

Si nous considérons globalement les progrès techniques analysés précédemment, nous voyons que les innovations de la filière textile-confection consistent, d'une part dans un développement très poussé de l'automatisation, mettant en œuvre des calculateurs de processus et des dispositifs de commande électronique, d'autre part dans un raccourcissement des processus au moyen de filières de production plus directes entrant en concurrence avec les processus traditionnels. Les fibres synthétiques concourent à cette évolution vers des techniques de fabrication rapides et nouvelles.

De cet ensemble, nous retiendrons les innovations qui sont susceptibles d'avoir des répercussions à long terme sur l'emploi régional, sur les conditions de développement des activités régionales, sur les ressources naturelles des régions (eau) et, en général, qui sont susceptibles de modifier l'état des localisations des industries textiles et de la confection. Cette sélection se rapportera finalement à sept grands types d'innovations, dont il est possible actuellement de discerner les effets futurs dans la filière :

- l'automatisation de la confection
- le traitement des textiles par solvants
- le tricotage sur métiers à commande électronique
- le tissage sur machines sans navette
- la filature par turbine
- la texturation de filière
- les non-tissés

### **1 - L'AUTOMATISATION DE LA CONFECTION**

#### **a) Description**

L'automatisation de la confection devrait se réaliser à très long terme au moyen de machines à couper à commande numérique, telle la machine Cincinnati, de systèmes automatisés de manutention, de positionnement et de guidage par lecture du profil des pièces qui sont à l'étude pour l'assemblage des tissus, et, dans certains cas, la création de chaînes de fabrications automatisées réalisant l'assemblage des tissus par soudage pour des articles courants (notamment en non-tissés).

La réunion de plusieurs de ces procédés automatiques dans un même processus de fabrication de vêtements représentera dans l'avenir une mutation de l'industrie, si l'on considère que les opérations de confection sont actuellement faiblement mécanisées.

Mais le changement ne sera ni brutal, ni généralisé. Il sera précédé d'une phase transitoire de semi-automatisation, à laquelle s'arrêteront les firmes aux fabrications trop diversifiées et aux séries trop courtes pour que l'automatisation complète permette des conditions rentables d'amortissement de l'équipement.

#### **b) Impacts prévisibles**

L'impact à long terme et très long terme de tels procédés sera une très forte réduction de l'emploi, puisque les procédés de fabrication actuels requièrent un temps considérable d'opérations manuelles ; notamment pour l'assemblage des tissus qui représente les trois-quarts des coûts de la confection où le temps manuel représente 80 % du processus pour 20 % le temps machine. La phase transitoire de semi-automatisation de l'assemblage, par manutention pneumatique, permettra déjà de réduire à 50 %

le temps manuel. Ensuite, l'automatisme, avec ses impératifs d'amortissement (taux d'utilisation de l'équipement) rendra secondaire le facteur main-d'œuvre, dans le processus de production, pour des productions en grande série.

Ces techniques ne sont applicables que dans des firmes importantes. Elles ne toucheront pas cette partie de l'industrie de la confection où des petites entreprises produisent des articles de nouveauté. Elles s'appliqueront en priorité à la fabrication des vêtements masculins, à la chemiserie et la lingerie, beaucoup moins à la confection féminine.

Les effets secondaires, au niveau régional, pourraient être une évolution des critères de localisation : la réduction du facteur main-d'œuvre ferait perdre de l'intérêt aux localisations semi-rurales qui sont nécessitées actuellement par les besoins de recrutement facile et la recherche de zones de salaire peu élevé, au profit d'un rapprochement des agglomérations susceptibles de faciliter le recrutement du personnel qualifié de management et d'encadrement, que supposent ces procédés.

### **c) Occurrence**

Ces techniques sont au stade des premières expériences industrielles ou encore de recherches. Elles ne sont susceptibles d'être réunies dans l'industrie qu'à très long terme, étant donné le changement considérable qu'elles impliquent dans la structure des coûts, le mode d'exploitation de cet équipement et son ajustement au marché.

En particulier, la tendance à des fabrications de courte série et tributaires de la mode constitue un frein important à la diffusion de ces techniques sur le marché européen, de même que la structure traditionnellement peu concentrée et très peu capitalistique de ce secteur industriel.

## **2 - LE TRAITEMENT DES TEXTILES PAR SOLVANTS**

### **a) Description**

Les solvants sont des substances chimiques organiques qui pourront être employées en circuit fermé, dans des opérations de lavage de la laine et d'ennoblissement des textiles (blanchiment et dégraissage des tissus, teinture et apprêts).

Ces techniques font appel à des équipements de conception nouvelle, qui traitent les textiles en circuit fermé, sont résistants aux corrosions (alliages, joints) et réalisent un processus court et rapide. La mise au point de ces matériels est en cours pour les procédés de traitements qui sont déjà opérationnels.

Les procédés posent des problèmes complexes d'interaction entre les différents produits chimiques nécessaires aux phases de traitement. On tend également à réaliser des procédés de traitement en continu.

### **b) Impacts prévisibles**

L'intérêt des solvants est de réduire le temps de traitement, ce qui réduit corrélativement la main-d'œuvre nécessaire, et de permettre une économie d'eau par le secteur textile. C'est sur ce second aspect qu'elle présente le plus d'intérêt au niveau régional.

Dans la région du Nord, où le niveau de la nappe souterraine carbonifère a baissé rapidement ces dix dernières années, les prélèvements d'eau pourront être réduits par le développement de ces procédés ; et les pollutions par l'industrie textile, qui ne sont pas les plus considérables parmi les industries de la région, mais sont très localisées.



Dans la région Rhône-Alpes, l'intérêt se portera surtout sur la réduction des pollutions, qui sont générales, étant donné la diversité des industries autres que textiles.

En général, la mise en œuvre de cette technique sera possible dans les firmes capables de financer la reconversion complète des installations, le traitement en phase solvant étant incompatible avec le traitement en phase aqueuse.

### **c) Occurrence**

Les procédés par solvants sont d'apparition récente et font actuellement l'objet d'une recherche intensive. Leur diffusion est encore expérimentale, mais devrait être accélérée du fait des contraintes nouvelles pour l'eau ; ce qui amènerait à 1975 le début de la diffusion industrielle.

Cependant, la diffusion de la technique de traitement par solvants risque d'être freinée en raison de la nécessité de renouveler complètement les équipements, malgré les économies de coûts d'exploitation que sa mise en œuvre permet à long terme. Il ne semble pas raisonnable d'attendre des effets sensibles avant 1985, d'autant plus que d'autres procédés, de recyclage de l'eau et d'épuration des effluents, permettront de satisfaire aux impératifs de l'environnement sans remise en cause complète des installations.

## **3 - LE TRICOTAGE SUR METIERS A COMMANDE ELECTRONIQUE**

### **a) Description**

Le tricotage électronique comporte deux étapes : la première, déjà opérationnelle, consiste dans la sélection électronique des aiguilles du métier dans la fabrication de tricots à plusieurs couleurs (Jacquard) ; la seconde, à l'étude, est la commande-contrôle du métier qui se caractérise par le contrôle en temps réel des opérations de marche du métier : mouvements (tours du métier, longueur de fil absorbé) et qualité de la production (défauts de tricotage) ; la machine pouvant être reliée à un système de gestion intégré (contrôle du temps de production).

### **b) Impacts prévisibles**

La commande électronique du tricotage représentera un mode de production qui sera surtout compatible avec une structure de firmes importantes, organisées commercialement pour assurer un taux d'utilisation rationnel de l'équipement et capables d'exploiter les possibilités de la technique. Elle devrait contribuer à la concentration régionale, au profit notamment de la Champagne, du Nord et de Rhône-Alpes. Elle développera également la confection des vêtements dans les firmes de bonneterie.

La sélection électronique des aiguilles (tricot Jacquard) ne réduira pas les effectifs nécessaires au tricotage. Ceux-ci ne seront affectés qu'après 1985, par le développement des métiers à commande-contrôle. Notons que, dans l'industrie de la bonneterie, les effectifs du tricotage sont secondaires par rapport à la main-d'œuvre employée à la confection des articles.

Le tricotage sur métiers à commande électronique sera également mis en œuvre dans les tissages, dont il concurrence les productions traditionnelles.

### **c) Occurrence**

Alors que le métier électronique Jacquard va être introduit prochainement dans les industries, la commande-contrôle est actuellement à l'étude et le

premier prototype ne semble pas devoir être présenté avant 1973-1975. Etant donné les délais de mise au point nécessaires à toute innovation, et les problèmes structurels que suppose l'implantation de ces machines, les possibilités de diffusion à l'échelle industrielle de la commande-contrôle ne sont guère possibles avant 1985-1990, les premières implantations à titre expérimental commençant vers 1980.

#### **4 - LE TISSAGE SUR MACHINES SANS NAVETTE**

##### **a) Description**

Ces machines mettent en œuvre divers systèmes d'entraînement du fil de trame, par projectiles légers, lances, jet d'eau, jet d'air, qui remplacent la navette et impliquent la réalisation d'équipements de conception nouvelle.

Elles permettent aux industries textiles de dépasser la limite technique de rendement qu'avait atteint le métier classique à navette et de réaliser une meilleure adaptation de l'équipement aux fabrications (machines très rapides spécialisées dans des fabrications courantes, machines plus versatiles et rapides que des métiers automatiques pour des productions diversifiées). Elles représentent un stade important, mais encore transitoire, de la modernisation à très long terme des tissages.

##### **b) Impacts prévisibles**

L'emploi croissant de machines sans navette dans les différents tissages aura pour effet direct de réduire l'emploi, mais inégalement selon les régions, en fonction de la nature des activités régionales et de la structure des parcs à moderniser.

Leur diffusion est déjà largement entamée dans l'industrie lainière, essentiellement dans le Nord ; dans ce secteur, on estime qu'elles représentent en 1970 le quart des parcs de métiers et plus de 60 % des capacités de production. La régression régionale d'emploi, liée à leur diffusion, devrait se poursuivre d'ici à 1975 à un rythme peu différent de la période antérieure, pour ensuite se ralentir, les machines ayant alors atteint leur potentiel de diffusion et épuisé leurs effets.

Au contraire, dans les tissages de coton et de soieries, les machines sans navette représentent actuellement à peine plus de 5 % des capacités de production. Dans ces deux secteurs, la régression d'emplois à base technique se poursuivra à long terme. Elle touchera particulièrement les régions lyonnaise et de l'Est, mais également le Nord.

La modernisation ne sera pas accessible à toutes les firmes, l'équipement étant plus coûteux que les métiers classiques. Ce qui contribuera à accentuer la restructuration de l'industrie, par disparition des firmes qui se seront mal adaptées à l'évolution de l'environnement (marchés et technologie) avec des répercussions complémentaires sur l'emploi régional.

##### **c) Occurrence**

Les machines sans navette, introduites en France à partir de 1960, vont tendre à se généraliser dans les tissages d'ici à 1985-1990, étant donné la diversification de l'offre par les constructeurs, qui élargit les possibilités de mise en œuvre.

Cependant, l'investissement sera quelque peu freiné, à moyen terme par le développement de la maille (achats de métiers à tricoter modernes par les bonnetiers et des tisseurs), et, à long terme par l'apparition des métiers à tisser à foule ondulante et à commande électronique.

En tout état de cause, le substitution ne sera pas totale aux métiers classiques, une part résiduelle des fabrications restant traditionnelles (dans les tissages de laine et soieries).

## **5 - LA FILATURE PAR TURBINE**

### **a) Description**

La turbine est une machine à filer, destinée à se substituer au continu à anneaux, au dernier stade du processus de filature. Son principe technique est celui de la filature dite « à fibres libérées », ou « open-end » dans lequel les fibres sont dispersées dans la machine et recondensées en ruban par procédé pneumatique. Elle permet actuellement de produire des filés à partir de fibres de coton et de fibres chimiques. Les produits de la turbine ont des propriétés de structure et d'aspect légèrement différentes des filés de fibres conventionnels produits sur continu à anneaux. Ils seront employés en concurrence avec les fils conventionnels et trouveront par ailleurs de nouveaux emplois, notamment dans les produits en maille, du fait de leurs propriétés de gonflant.

### **b) Impacts prévisibles**

La turbine permettra de maintenir à long terme la rentabilité du secteur des filatures, qui est aujourd'hui de plus en plus concurrencée par les fils continus synthétiques. Aussi les industries de la région du Nord y attachent-elles un intérêt direct, ainsi que les régions de l'Est très spécialisées dans l'industrie cotonnière.

L'un de ses avantages sera, en général, de réduire de 25 % le coût de la filature et de permettre une réduction de 50 % de la main-d'œuvre de conduite des machines au stade du filage. Mais elle n'est pas adaptée à toutes les fabrications : la filature conventionnelle gardera toujours un segment privilégié de marché pour les filés fins (au-delà du Nm 100) et présente actuellement des conditions de rentabilité équivalente pour les fils moyens (au-delà du Nm 60).

### **c) Occurrence**

Le prototype tchèque, le plus avancé avait été présenté en 1965. La turbine fait actuellement l'objet d'une diffusion expérimentale dans l'industrie textile et il semble que les premiers investissements industriels s'effectueront avant 1975, vers 1973-1974. A partir de 1980, la diffusion de la turbine devrait s'accélérer. En 1985, plus de 35 % de la production des filatures de l'industrie cotonnière pourraient être produits sur turbine.

## **6 - LA TEXTURATION DE FILIERE**

### **a) Description**

Les fils texturés de filière sont des filaments synthétiques à propriétés améliorées (gonflant, élasticité) obtenus directement en filage des polymères. Ils entrent dans le cadre d'une recherche générale de l'industrie chimique pour produire des « fils composites ».

### **b) Impacts prévisibles**

La texturation de filières permettrait de fabriquer des fils texturés à une vitesse huit fois supérieure à celle des procédés conventionnels de texturation modernes. Actuellement la texturation s'effectue dans l'industrie

dite du moulinage (secteur de la soierie), mais dans l'avenir se réaliserait en amont dans l'industrie des TAS, ce qui n'implique pas cependant de changement régional des activités.

Les effets de sa diffusion sur l'emploi seront limités, étant donné le caractère déjà très automatisé du processus de texturation conventionnel. Cependant, le rythme de croissance de l'industrie lyonnaise du moulinage devrait être ralenti par la diffusion des texturés de filière sur le marché. Des restructurations de l'industrie du moulinage sont également à envisager.

La texturation de filière intensifie, par ailleurs, la concurrence que les fils texturés portent dès à présent aux produits des filatures. ,

### **c) Occurrence**

Les procédés de texturation au filage ont été expérimentés. Leur diffusion est conditionnée par l'extension progressive du marché des fils texturés, et devrait commencer durant la période 1970-1975. Il ne semble donc pas que des changements brutaux soient à attendre de cette technique, étant donné également les performances croissantes des équipements classiques de texturation auxquels elle fera concurrence.

## **7 - LES NON-TISSES**

### **a) Description**

Les procédés réalisent directement, sans filature ni tissage, une nappe de fibres ayant une structure cohérente, donnée par l'incorporation de liants chimiques ou de fibres thermoplastiques. On distingue trois types de non-tissés, selon le mode de formation de la nappe : par voie sèche (cardage des fibres de type textile), par voie humide (égouttage des fibres), non-tissés de filière (extrusion de filaments).

### **b) Impacts prévisibles**

Les non-tissés servent plutôt actuellement à fabriquer des tissus spéciaux à usage technique, mais devraient trouver dans l'avenir des débouchés importants comme textiles à jeter, à l'usage des particuliers. Vers 1985, ils pourraient représenter 10 % par rapport au marché textile (contre 1 % actuellement), et à plus long terme prendre une place importante comme produits de grande consommation.

La fabrication de ces produits concerne principalement deux régions : le Nord, qui fabrique des non-tissés par voie sèche et la région Rhône-Alpes avec les non-tissés papetiers (Grenoble) et les non-tissés de filière (Rhône-Poulenc). Les régions concurrencées dans leur production (linge de maison, articles en jute) et l'emploi sont le Nord et l'Est. Autrement, le développement des non-tissés aura des conséquences négligeables sur l'emploi régional. Mais il constituera un potentiel de pollution pour l'avenir : dans toutes les régions au niveau des consommateurs, étant donné les problèmes de destruction des produits à jeter ; dans la région Rhône-Alpes, pour les non-tissés fabriqués par voie humide.

### **c) Occurrence**

Les non-tissés sont des produits dès à présent fabriqués, dont la croissance à long terme est conditionnée surtout par des problèmes de marché. Celle-ci dépendra des propriétés d'usage, de l'adaptation aux besoins futurs de la population et des conditions de commercialisation des non-tissés.

## **2 - LES NON-TISSÉS**

Jusqu'à maintenant, l'industrie textile fabriquait ses produits à partir de fibres textiles ou chimiques transformées en fils, fils qui étaient ensuite entrecroisés par tissage ou tricotés en bonneterie. Ces opérations débouchaient sur des produits satisfaisant une demande en faible croissance.

Les non-tissés remettent en cause ce schéma traditionnel, puisque la fabrication de tels produits permet de passer directement des fibres à un produit qui, après ennoblissement, est directement livrable aux consommateurs. Les non-tissés prétendent aussi créer un marché dont la croissance serait sans commune mesure avec celle des marchés textiles actuels.

En outre, l'industrie textile n'est pas seule en cause puisque les industries papetières et chimiques ont elles aussi vocation à fabriquer de tels produits.

L'ensemble de ces facteurs ont des conséquences sur les industries et les firmes ; nous les analyserons tant du point de vue global que du point de vue du milieu régional où ils s'imposeront.

### **A) Présentation de l'innovation**

Les non-tissés sont des structures planes de fibres et de fils directement assemblés en nappe, sans filature ni tissage ou tricotage, maintenues cohérentes soit par les propriétés physiques des matériaux utilisés, soit par des liants, soit par enchevêtrement mécanique des fibres.

Cette définition est encore trop générale puisqu'elle englobe aussi bien les feutres de laine que les papiers renforcés ou non. Nous retiendrons la définition de l'Institut Textile de France : « structure régulière à vocation textile dont la cohésion est obtenue par voie mécanique, physique, chimique ou par une combinaison de ces moyens, à l'exclusion des opérations usuelles de tissage, de tricotage ou de feutrage classique ; les filaments entrant dans la composition de ces structures doivent avoir, dans une proportion d'au moins 50 % en poids de partie fibreuse, une longueur supérieure à 10 mm ».

## **1 - LA PRODUCTION ACTUELLE ET LES PERSPECTIVES**

A l'heure actuelle, aucune statistique de production de produits non-tissés n'est disponible ; il est possible, par contre, de connaître les importations et les exportations grâce aux statistiques douanières, comme le montre le tableau ci-contre.

## COMMERCE EXTERIEUR DE PRODUITS NON TISSES

en tonnes

	1965		1966		1967		1968		1969	
	Import.	Export.	Import.	Export.	Import.	Export.	Import.	Export.	Import.	Export.
CEE .....	346	166	747	170	847	280	1 324	436	1 925	685
<b>dont : Allemagne fédér. ...</b>	130	79	338	68	355	117	552	131	735	210
Pays hors zone franc ..	508	249	909	230	1 057	439	1 565	592	2 227	1 062
<b>dont : Etats-Unis .....</b>	117	—	132	—	171	13	164	10	219	31
Pays de la zone franc ..	—	8	—	7	—	13	—	61	—	247
Total des 2 zones ..	508	257	909	237	1 057	452	1 565	653	2 227	1 309
Solde .....	— 251		— 672		— 605		— 912		— 918	

Une étude antérieure du BIPE estimait la production de non-tissés, en France, à 5 000 tonnes en 1967, soit 1 % de la consommation intérieure de fibres textiles ; cela dans l'hypothèse d'une consommation de 0,1 kg de non-tissés par habitant. Selon une étude du Dr Nottebohm, la croissance de la production de non-tissés entre 1967 et 1970 se serait faite, en Europe, au taux annuel de 14 %, ce qui situerait la production française, en 1970, aux environs de 7 400 tonnes. A partir de 1970, la France pourrait développer un marché comparable à celui des Etats-Unis quelques années avant. D'après une analyse du CNCE, les perspectives 1966-1980 du marché américain seraient un élargissement au rythme de 11 % l'an. Si l'on admet que ce taux s'applique à la croissance du marché français, à partir de 1970, la production en 1985 serait de l'ordre de 35 000 tonnes de non-tissés.

## **2 - LES PROCÉDES DE FABRICATION ET LES MATÉRIELS MIS EN ŒUVRE**

Les non-tissés sont apparus à la fois dans la papeterie, l'industrie textile et l'industrie chimique. Cette triple filiation se retrouve dans les procédés de fabrication ; ainsi, nous distinguerons ceux dérivés des techniques textiles (voie sèche), ceux dérivés de la technique papetière (voie humide), ceux dérivés de l'industrie chimique (procédé de filière).

### **a) Procédés de la voie sèche**

On obtient un voile à la sortie de machines textiles classiques (cardes) ou sur des machines récentes plus rapides (pneumatiques, type Rando Weber). Une deuxième étape consiste à agglomérer les fibres formant la nappe, afin de lui assurer sa cohérence ; les méthodes sont diverses :

— aiguillement mécanique ;

— addition de liants chimiques par saturation, pulvérisation ou imprégnation (le liant peut constituer jusqu'à 50 % du poids) ;

— soudage thermique par fusion de certaines fibres thermoplastiques entrant dans la nappe par calendrage à chaud, par échauffement ponctuel, par traitement infra-rouge ou di-électrique.

Des machines de type « textile » mais spécialement adaptées à la production des non-tissés sont maintenant proposées ; leur capacité horaire de production est inférieure aux matériels développés par l'industrie chimique et plus encore à ceux développés par l'industrie papetière. Cependant, l'investissement minimum initial est le plus faible, de l'ordre de 650 000 F selon des estimations faites aux Etats-Unis.

Rendements relatifs plus faibles, investissement initial moins élevé : cette double conjonction oriente les non-tissés, produits par cette voie, vers des marchés plus étroits.

### **b) Procédés de la voie humide**

Les fibres sont dispersées et mises en suspension dans l'eau (dans laquelle on peut ajouter un liant) ; la nappe est obtenue ensuite par égouttage, calendrage à froid (ce qui assure sa régularité), puis séchage ; les fibres sont ensuite fixées par soudage ou calendrage à chaud.

Le matériel mis en œuvre est proche des machines de fabrication du papier. Des modifications ont été opérées pour permettre le traitement de fibres plus longues : les fibres textiles peuvent atteindre jusqu'à 30 mm alors que les fibres cellulosiques ont 4 mm au maximum. Ces machines permettent de

très hautes performances ; en contrepartie, l'investissement minimum initial est très lourd, de l'ordre de 4 200 000 F d'après la même estimation américaine. La promotion de ce procédé implique donc une production de masse.

Cette contrainte oriente donc les non-tissés obtenus par cette voie vers un marché d'articles à jeter après usage, aussi bien auprès des particuliers que des collectivités.

### **c) Non-tissés de filière**

Ces non-tissés à base de polymères, polyamides et polypropylènes sont obtenus directement par extrusion des filaments ; la nappe est ensuite fixée par divers procédés, thermiques en particulier. Les liants sont peu utilisés (5 % du poids total dans certains cas).

Les techniques mises en œuvre ici sont les plus avancées, elles nécessitent un matériel spécifique et nouveau ; par voie de conséquence, les investissements sont très lourds (ils sont dans un rapport de 1 à 20 avec le coût d'investissement des non-tissés précédents).

Cette charge d'investissement implique un large marché, mais la flexibilité plus grande du matériel autorise des séries plus courtes avec des produits à haute spécificité technique. Ce sont là des contraintes qui orienteront, sans doute, ces non-tissés vers des débouchés techniques et industriels, où les propriétés du produit sont plus importantes encore que son prix.

## **B) Recherche et développement**

### **1 - LES ASPECTS TECHNIQUES**

L'effort de recherche est très important, en raison de la nouveauté des non-tissés et du large champ d'exploration qui est ainsi ouvert. Nous sommes loin encore de mesurer toutes les implications de ces techniques. La recherche se développe en trois directions : l'étude des procédés de fabrication, des non-tissés eux-mêmes, de leur ennoblissement.

#### **a) Procédés de fabrication**

Sans être définitivement fixé, le développement des procédés de fabrication est très avancé. Les premiers équipements mis en œuvre ont été extrapolés des machines classiques (papier ou textile). Une évolution se fait jour qui détache peu à peu la technologie des non-tissés des techniques mères. Des machines spécialement conçues pour la production de non-tissés sont dès maintenant proposées. L'évolution lointaine est difficile à dessiner. En limitant la projection à quelques années seulement, il semble que les progrès résulteront d'améliorations et d'extrapolations des équipements actuels.

#### **b) Produits non tissés**

Nous avons vu quelle était l'importance des caractéristiques et des performances techniques des non-tissés pour l'utilisation industrielle, ainsi que les difficultés rencontrées pour donner aux non-tissés l'aspect textile nécessaire à leur diffusion auprès des particuliers.

Ces propriétés sont étudiées systématiquement : propriétés de résistance physique, à la chaleur, au feu, aux agents chimiques ; qualités phoniques et thermiques, comportement en milieu humide, etc.



Ces efforts ont débouché sur l'étude des deux composants des non-tissés : la fibre et le liant, puisque ce sont eux qui conditionnent les propriétés du produit.

— Au niveau des fibres :

Des études poussées sont en cours pour connaître les propriétés des fibres en fonction de leur nature, leur longueur, leur largeur, leur diagramme. On étudie également le problème que posent les mélanges de fibres. L'industrie chimique, qui livrait ses fibres traditionnelles pour la fabrication de non-tissés, a maintenant repensé le problème et a lancé sur le marché des fibres spécialement adaptées.

Cette action a reçu ses fruits puisque les fibres chimiques bien que plus chères mais mieux adaptées, entrent en proportion croissante dans les non-tissés.

— Au niveau des liants :

On cherche à établir l'existence d'une spécificité entre la nature des fibres et celle du liant utilisé. Les modes d'application des liants sont également explorés (sous quelle forme et à quel stade doivent-ils être utilisés ?).

Ainsi, le nombre de liants ne cesse de croître : butadiène-styrène et acétate de polyvinyle les moins coûteux, chlorure de polyvinyle prix moyen, esters acryliques et butadiène-acrylonitrile les plus coûteux.

### c) **Ennoblement**

Les recherches portent essentiellement sur la teinture, la coloration. Il est en effet difficile de teindre des mélanges de fibres et, lorsque ces fibres sont en outre enrobées par du liant, l'accès aux colorants devient délicat.

Le recours à un procédé d'impression très couvrant pallie le plus souvent cette difficulté. D'importants travaux sont faits dans l'application des liants par des procédés d'impression pigmentaire en particulier.

## 2 - **LES CADRES DE LA RECHERCHE**

A l'étranger, les Etats-Unis ont joué le rôle de pionniers et restent à l'avant-garde ; l'Allemagne est en retrait, mais paraît à la pointe des recherches effectuées en Europe.

Les pays de l'Est (Tchécoslovaquie en particulier) ont exploré le mode de production par la voie sèche, les pays scandinaves ceux de la voie humide pour des raisons évidentes.

En France, il n'est pas surprenant de constater que trois industries se partagent la recherche. L'industrie chimique semble occuper une place privilégiée, car très souvent les efforts déployés par ces deux concurrents du textile et du papier (recherche au niveau du produit) débouchent vers ses propres travaux (recherche au niveau des fibres, des liants, des colorants). En ce sens, on peut dire qu'elle assure la recherche fondamentale. La puissance financière de cette industrie accentue encore cette primauté.

L'industrie papetière aborde là un domaine nouveau ; ses efforts de recherche semblent très dispersés au sein des firmes, la diversité domine, aucun cadre n'est encore en place. Quelques travaux ont été entrepris par le Centre de Recherche Papetière.

L'industrie textile dont la puissance financière est la plus modeste bénéficie, au contraire, de cadres traditionnels solides au niveau des branches d'activités ou des régions (Institut Textile de France à Paris et ses centres régionaux affiliés). La coordination des initiatives, qui en résulte, est favorable à une plus grande efficacité et à une diffusion rapide à toutes les firmes. Cela n'exclut pas des travaux particuliers à chaque société.

Notons également les travaux entrepris sur les non tissés par l'Institut Technique du Cuir et le Centre Technique de l'Habillement. A ce jour, le poids de la recherche et son développement repose tout entier sur le secteur privé (sociétés, centres et instituts interprofessionnels), les organismes publics n'ayant pas accordé, semble-t-il, une aide spécifique en la matière.

### 3 - L'OCCURRENCE

Les premiers non-tissés sont apparus en France avant même la dernière guerre ; il ne s'agissait même pas de prototypes industriels car il n'y avait aucune prise de conscience de leur développement futur. Après 1945, l'importance de leur rôle a été soupçonné, la diffusion expérimentale date du début des années 1960 grâce aux non-tissés de « la voie sèche ». A cette même époque, sont présentés les premiers non-tissés de « la voie humide », ceux de « filière » le seront vers 1965.

Aujourd'hui, les non-tissés en sont au stade de la première diffusion ; « la voie sèche » bénéficie de son avance et l'étroitesse du marché, handicapant ses concurrents, lui confère un avantage de prix.

Dans cinq ans environ, les trois « voies » égaliseront leurs chances face à un marché plus large. Les industriels concurrencés (textile, habillement, cuirs et peaux, papiers-cartons) situent les premiers effets sensibles des non-tissés vers 1975 ; il faudra alors tenir compte de leur impact sur leur marché dans les prévisions et en tenir compte dans les programmes d'investissement. A cette date, les trois « voies » se concurrenceraient ; en fait, il devrait en résulter une certaine spécialisation avec augmentation du marché. La « voie humide » trouverait sa vocation sur le marché des articles à jeter ; la « voie sèche » déboucherait de préférence sur les non-tissés à usage industriel, le procédé de filière abordant un marché intermédiaire dont l'habitation et le bâtiment seraient un débouché important.

Le stade de la diffusion de masse, compte tenu des contraintes techniques et des exigences du marché, ne devrait pas intervenir avant 1985 environ.

A l'échéance 1975, l'enjeu sera la conquête du marché ; deux questions se posent avec acuité ; par quels canaux seront distribués ces produits ? Comment venir à bout des résistances psychologiques sur le marché ? Distribution et promotion, ces deux problèmes sont étroitement imbriqués ; leur résolution appellera des solutions neuves et originales en terme de marketing.

— En tant que produit industriel, le non-tissé peut apporter des solutions originales, mais les solutions sont si complexes suivant le problème à traiter qu'une collaboration directe avec l'utilisateur est nécessaire.

— La fabrication de non-tissés destinés à remplacer certains articles d'habillement suppose une connaissance précise des besoins que les producteurs de non-tissés ne possèdent pas ; c'est aux transformateurs traditionnels qu'il faut s'adresser, les circuits aval de l'industrie textile ne seront que partiellement évités.

— Dans le domaine des articles à jeter, il faut créer de toute pièce un réseau de distribution notamment en direction des magasins à grande surface de vente, et promouvoir en son sein des articles non tissés. Ici les risques sont nombreux et les erreurs fatales.

### 4 - LE MARCHÉ

Jusqu'à ce jour, les produits non-tissés se sont orientés vers des usages industriels et ont été présentés comme des produits courants, peu coûteux, d'où l'utilisation de fibres onéreuses à base de cellulose : coton et

fibres artificielles ; or, ce sont de véritables produits nouveaux susceptibles de créer un marché.

Pratiquement, le marché des particuliers n'a été que peu touché ; c'est pourtant dans cette direction là que l'avenir semble le plus prometteur, même si les perspectives de développement des usages industriels sont également favorables.

#### a) Débouchés industriels

L'industrie fut la première à utiliser les non-tissés soit comme matériaux incorporés aux produits fabriqués, soit comme fournitures industrielles :

— dans l'habillement, ils servent surtout aux renforts pour cols de chemises, de doublures et de triplures. La possibilité de souder au lieu de coudre est appréciée ;

— dans l'industrie automobile, ils sont utilisés pour les matelassages, l'isolation phonique et thermique ;

— dans le bâtiment et les travaux publics, ils servent d'isolants, d'agents stabilisateurs des sols, etc. ;

— dans les industries chimiques, alimentaires, ils sont utilisés comme filtres à jeter ;

— dans les industries papetières, ils se substituent aux feutres classiques sur les machines à papiers.

Cette liste n'est pas limitative et la constante amélioration des propriétés techniques des non-tissés répondant aux exigences des industriels ne peut qu'élargir ce marché dans des directions absolument nouvelles.

#### b) Marché des particuliers et des collectivités

A ce niveau, on doit distinguer deux marchés potentiels qui débordent très largement le marché des textiles traditionnels :

— **Le marché des articles à jeter après usage** : textiles pour l'habitation (draps, torchons, serviettes, mouchoirs, essuie-tout, etc.).

On voit quelle extension il pourra être donné en direction des collectivités (hôpitaux, hôtellerie, restauration, pension, etc.), vêtements et articles nécessitant des lavages fréquents (slips, bandages, pansements, etc.).

Dans ce domaine, les non-tissés issus de la voie papetière trouveront leur plein développement, compte tenu des capacités de production qu'ils offrent. Si ce marché empiète sur celui du textile traditionnel, il apparaît, en fait, très différent par sa dimension et sa signification, son ampleur étant fonction de la vitesse de renouvellement. Un comportement psychologique nouveau est attendu du consommateur.

— **Le marché de substitution aux articles d'habillement classique** (textiles, cuirs et fourrures).

La concurrence dans ce domaine devrait rester très limitée. La spécialisation et les rendements très élevés des machines sur lesquelles sont obtenus les non-tissés se prêtent mal aux séries assez courtes imposées par les phénomènes de mode. D'autre part, l'avantage de prix dont bénéficient les non-tissés est très rapidement annulé lorsqu'on veut leur conférer les qualités textiles (souplesse, drapé, etc.).

L'avenir semble plus assuré pour la substitution des non-tissés aux cuirs et aux fourrures, la matière de base actuelle étant d'un coût assez élevé, le volume et la qualité de sa production échappant au contrôle des industries utilisatrices. La diffusion dans l'industrie de la chaussure et la maroquinerie est déjà assez large.

Les avis sont partagés sur l'importance que prendront les non-tissés. L'hypothèse d'un empiètement de 5 % sur le marché des industries textiles

traditionnelles et de 2 % pour celui de l'industrie des cuirs et peaux semble pouvoir être retenue. Mais ces échéances ne seraient atteintes qu'aux alentours des années 1975 dans la perspective d'une croissance annuelle voisine de 14 % par an.

## **C) Les aspects régionaux du développement des non-tissés**

La production de non-tissés va induire un certain nombre d'effets par la concurrence qu'elle exercera sur des activités déjà existantes et par sa nouveauté. Nous recenserons les impacts pertinents sur les facteurs de production, les firmes et l'environnement.

### **1 - L'IMPACT SUR LES FACTEURS DE PRODUCTION**

#### **a) Conséquences sur la main-d'œuvre**

Les effets sur l'emploi de la production de non-tissés seront très modestes, en raison du caractère direct des processus de production et la rapidité des fabrications. Ainsi, à titre indicatif, signalons que le nombre d'heures de travail par kg produit dans l'industrie cotonnière et dans l'industrie du papier se situe dans le rapport de 1 à 20.

La concurrence qu'exerceront les non-tissés sur les industries déjà existantes provoquera des diminutions d'activité pour certaines fabrications et, par voie de conséquence, des pertes d'emploi qu'il n'est pas possible de chiffrer, faute d'informations suffisantes. Il en ira ainsi pour :

— les industries du tissage du jute, du lin et du chanvre où les non-tissés précipiteront un déclin déjà amorcé à la suite de l'utilisation croissante des emballages plastiques et du polypropylène. En 1968, la région du Nord et la Picardie regroupaient respectivement 43,5 % et 51,7 % des ouvriers employés dans l'industrie du jute ;

— les industries des cuirs et peaux par substitution de cuirs synthétiques aux cuirs naturels ;

— les industries cotonnières, qui seront concurrencées au niveau du linge de maison ; les régions alsaciennes et lorraines y seront particulièrement sensibles.

#### **b) Conséquences sur la consommation des fibres**

Les hypothèses de production de non-tissés formulées plus haut, de 7 400 tonnes en 1970 et 35 000 tonnes environ en 1985, nous conduisent à envisager, en 1985, une consommation de fibres par l'industrie des non-tissés comprise entre 5 % et 7 % de la consommation intérieure de fibres (en volume un peu moins, en raison de l'usage des liants).

Le développement de la production de non-tissés devrait accroître essentiellement la consommation de fibres artificielles et synthétiques en raison de leur diversité et de leurs propriétés : les fibres naturelles ne sont susceptibles d'amélioration que moyennant des traitements chimiques onéreux. Le prix élevé des fibres chimiques par rapport à celui des fibres naturelles (cellulosiques en particulier) limite aujourd'hui l'extension de leur emploi dans la production de non-tissés.

Le Nord et la région Rhône-Alpes où l'industrie chimique — industries des textiles artificiels et synthétiques en particulier — est solidement implantée, pourraient se trouver étroitement associés à la production de non-tissés.

**PRODUCTEURS D'ARTICLES NON TISSÉS D'APRES L'ARTICLE PRODUIT ET LEUR PRODUCTION TRADITIONNELLE**

	Produits non tissés Production traditionnelle	Usages industriels (filtres, abrasifs)	Bâtiment et T.P. (1)	Fournitures pour habillement (2)	Cuir synthétiques, chaussures, maroquinerie	Articles à jeter	
						Linge (3)	Hygiène (4)
Nord	Linoléums, toiles cirées, papiers enduits .....				x		
	Coutil, linge de table .....		x	x			
	Jute, art. text. médicaux .....			x			x
	Tissus de laine, couverture, tapis, feutres .....		x	x			
	Tissus de coton, rubans .....			x			x
	Fils de coton .....	x		x		x	
	Pansements et art. de soin .....						x
	Tissus de laine, couvert. ....	x		x			
Non déclaré .....				x			
Rhône-Alpes	Papiers cartons .....					x	x
	Chimie, fibres artific. et synthétiques .	x	x	x	x	x	x
	Tissus enduits .....				x		
	Verre .....	x					
Quates et feutres .....				x			
Champagne	Tissus de laine, tapis, feutres, abrasifs, isolants .....	x	x				
	Non déclaré .....	x					
Région parisienne	Feutres .....			x			x
	Non déclaré .....	x				x	x

(1) Supports d'enduction, revêtements muraux, etc.      (2) Triplures et renforts, etc.  
 (3) Draps, torchons, eerviettes, etc.      (4) Ouates, pansements, vêtements médicaux, etc.

## 2 - L'IMPACT SUR LES FIRMES

La localisation future de l'industrie des non-tissés dépendra pour une large part de celle des industries textile, papetière et chimique. Notons que deux régions sont principalement concernées (cf. tableau ci-dessous). L'industrie des non-tissés va s'insérer dans ce cadre et modifier certaines liaisons de firmes.

EFFECTIFS DANS LES INDUSTRIES TEXTILES, PAPETIERES ET CHIMIQUES EN 1968			
en % de la branche			
	Industries textiles	Industries des papiers-cartons	Industries des TAS (1)
Rhône-Alpes .....	21	14	42
Nord .....	26	10	23
Haute et Basse-Normandie ....	2,1	10	5
Région parisienne .....	5	20	5
Est (2) .....	9,4	15	19

(1) En % du nombre des entreprises.  
(2) Total des régions Lorraine, Alsace et Franche-Comté.  
Source : Statistiques professionnelles.

A l'heure actuelle, la production de non-tissés en France se répartit entre une vingtaine de sociétés des secteurs lainiers, cotonniers, chimiques et papetiers. Une quinzaine de firmes produisant des non-tissés relèvent du secteur textile. En Allemagne, la structure industrielle est plus concentrée pour une production plus importante ; de même aux Etats-Unis. Les productions régionales de non-tissés sont diversifiées (cf. tableau ci-contre).

Pour que le développement de la production de non-tissés se fasse harmonieusement, les firmes devront satisfaire à trois impératifs : impératifs financiers, techniques et commerciaux.

### a) Impératifs financiers

Il est aisé d'analyser la situation actuelle. L'industrie textile est un secteur où les firmes sont très dispersées, nombre d'entre-elles ont voulu présenter des non-tissés sur le marché qui leur est familier, participant ainsi au développement d'une technologie nouvelle qu'il aurait été imprudent de ne pas exploiter. L'adoption du procédé de la voie sèche nécessitant un investissement initial minimum et autorisant un marché plus étroit, a permis la diffusion que nous connaissons aujourd'hui, où le Nord prend une large part.

Il est à craindre que les installations actuelles ne répondent pas aux impératifs d'une production de masse pour laquelle les autres procédés de fabrication (voie humide et procédé de filière) paraissent mieux adaptés. Ce changement de dimensions du marché nécessitera des investissements nouveaux importants, qui exigeront une capacité financière que peu de sociétés du secteur textile possèdent à l'heure actuelle.

### b) Impératifs techniques

La production en masse des non-tissés ne sera possible qu'une fois résolus les problèmes techniques ayant trait aux propriétés des non-tissés eux-mêmes et aux équipements nécessaires à leur production. Les solutions à ces problèmes seront le fruit de la collaboration qui s'établira entre les producteurs de non-tissés d'une part, et les fabricants d'équipements industriels, les fournisseurs de fibres synthétiques et artificielles, les industriels de la chimie, les spécialistes de l'ennoblissement, les utilisateurs industriels des non-tissés d'autre part.

Ainsi que nous le notions plus haut, les orientations actuelles de la recherche situent l'industrie chimique en amont des industries papetières et

textiles dont elle deviendra, en outre, un fournisseur privilégié à mesure que s'élargira la part des fibres synthétiques dans la consommation de fibres par l'industrie des non-tissés.

### c) **Impératifs commerciaux**

La production de masse pose le problème de l'accès au marché, distribution et promotion sont les problèmes à résoudre ; ils sont plus difficiles en raison de la variété des débouchés offerts :

— sur le marché des produits industriels, la solution est si diverse suivant le problème, qu'une étroite collaboration technique est indispensable avec l'utilisateur ; il est impossible, a priori, de proposer un matériau prédéterminé ;

— sur le marché de substitution aux articles textiles traditionnels, la production d'articles non tissés met en œuvre des connaissances techniques des besoins que les producteurs de non-tissés ne possèdent pas ; il appartiendra aux transformateurs traditionnels de tissus de prendre ce problème à leur compte ; ces circuits de distribution dont l'industrie textile a l'expérience ne seront que partiellement évités ;

— sur le marché des articles à jeter, un réseau de distribution nouveau devra être créé, notamment en direction des magasins à grande surface de vente. Les papetiers ont dans ce domaine une première expérience avec les articles en papier à jeter, tels que les gobelets et assiettes en cartons pour le plein air ou le camping.

Dans un domaine où les facteurs sociologiques sont aussi importants que les contraintes techniques, il est fort délicat de présager l'avenir ; cependant, il est probable que le développement de la production des non-tissés accroisse les interdépendances entre firmes des secteurs textiles, papetiers et de la chimie. Ces interdépendances pourront être formalisées par des regroupements de firmes en vue de bénéficier d'économies d'échelle qu'autorise la production de masse, par des rapprochements d'intérêt entre secteurs, afin d'aborder le marché dans les meilleures conditions et ainsi limiter les risques.

## 3 - **IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT**

Le grand public prend conscience aujourd'hui du problème que posent les nuisances et les pouvoirs publics s'en préoccupent ; il paraît donc utile d'examiner cette question.

### a) **Au stade du producteur**

La pollution qu'entraînera la production des non-tissés sera fonction du procédé de fabrication le plus couramment utilisé. Les procédés de la voie sèche seraient les plus « propres », mais leur utilisation apparaît limitée ; les procédés de la voie humide paraissent les plus compétitifs, ils sont également les plus polluants.

En raison de l'analogie qui existe entre les procédés de fabrication, la situation actuelle des industries papetières nous permet de situer le risque de pollution que pourrait entraîner l'industrie des non-tissés : la situation est variable en raison de la plus ou moins grande disponibilité de l'eau, mais il n'en reste pas moins que les industries papetières sont parmi les industries les plus polluantes (38,5 % de la pollution industrielle dans le bassin Rhône-Méditerranée). Ce phénomène de pollution interviendra dans les régions qui connaissent dès aujourd'hui la plus forte dégradation en milieu naturel : le Nord, la Région parisienne et la région Rhône-Alpes.

Il est difficile de prévoir quelle sera la pollution effective lorsque les industries des non-tissés auront atteint leur plein développement, car ce serait présumer des progrès qui interviendront d'ici là dans le recyclage des eaux. En tout état de cause, ces facteurs pèseront sur le prix de revient des non-tissés, dès l'instant où la pollution devra être limitée ou évitée.

## **b) Au stade du consommateur**

Notre analyse se situe ici dans une perspective plus lointaine encore. En aval du consommateur, la croissance du marché des articles à jeter après usage va provoquer une accumulation de déchets : que va-t-on en faire ? Une chose est certaine, il ne sera plus admis alors de les abandonner au hasard dans la nature, il faudra donc les détruire. La crémation paraît la solution la plus économique, mais on risque ainsi d'accroître la pollution atmosphérique ; or, certaines fibres synthétiques (telles les chlorofibres) sont incombustibles mais fusibles sous l'effet de la chaleur ; elles se décomposent dégageant des gaz toxiques (chlore, etc.).

Les conséquences de ces phénomènes ne sont pas évaluables aujourd'hui. Elles seront fonction, pour une large part, de la réaction des pouvoirs publics. Il convient, néanmoins, de ne pas perdre de vue cet aspect des choses.

## **D) Conclusion**

Par des effets de concurrence, l'industrie des non-tissés pourrait avoir des incidences dans la région Nord, où se trouvent concentrées la plupart des industries du jute, dans la région Est, d'Alsace-Lorraine, fortement spécialisée dans une production cotonnière de linge de maison.

Dans le cadre régional, les conditions de mise en œuvre des « non-tissés » variera en fonction de facteurs propres aux firmes comme à l'environnement.

La région Nord, la Basse Seine et la région Rhône-Alpes paraissent les mieux placées pour bénéficier de l'expansion des non-tissés. Par leur forte densité urbaine, elles représentent des marchés potentiels importants. Cette proximité est un facteur de localisation primordial en raison de la faible valeur ajoutée incorporée dans les non-tissés, des coûts de transport élevés seraient prohibitifs. La représentation des trois industries textiles, papetières et chimiques y est assurée par des firmes ayant des capacités techniques et financières satisfaisantes, en particulier dans l'hypothèse d'une large ouverture sur le marché international.

La région Nord, marquée par une forte prédominance textile, pourrait se spécialiser dans l'exploitation des procédés de la voie sèche en direction de marchés plus modestes, tels fournitures industrielles pour l'habillement (triplures et renforts), ce qui conduirait à maintenir la situation actuelle.

A l'opposé, la région Rhône-Alpes occuperait une situation privilégiée en raison de la coexistence d'une puissante industrie chimique — de l'industrie des fibres artificielles et synthétiques en particulier — d'une solide industrie papetière et d'une industrie textile. La collaboration de ces diverses activités en vue de la mise en œuvre des non-tissés en serait facilitée.

Dans la perspective d'un essor du procédé de fabrication des non-tissés par la « voie humide », l'importance des ressources naturelles en eau constituerait un facteur favorable supplémentaire.

Nous devons noter, en conclusion, que ces effets ne devraient pas être brutaux, mais très largement dilués dans le temps, car les non-tissés, produits nouveaux, ouvrent des débouchés qui ne sont pas tous explorés ; les firmes devront donc définir leurs objectifs en fonction du marché envisagé. Les réticences à vaincre sont nombreuses, car elles sont la manifestation de comportements psychologiques profonds, qu'il faudra modifier. Toute action inconsidérée ou maladroite risquerait de se heurter à des phénomènes de refus.



### **3 - LA TEXTURATION DE FILIÈRE**

Les fils texturés sont des filaments synthétiques continus, auxquels ont été conférées des propriétés de gonflant et d'élasticité qui les rendent concurrents des filés classiques (de fibres discontinues) pour des emplois dans les tissages et la bonneterie.

Ce sont des produits textiles nouveaux, mis au point et fabriqués en France depuis 1948, essentiellement dans la Région lyonnaise et le cadre de l'industrie du moulinage, par traitement physique et thermique des fils bruts d'origine chimique. Ils ont connu également un fort développement à l'étranger.

La texturation de filière consiste à fabriquer le fil texturé directement à l'extrusion des polymères, dans le cadre de l'industrie chimique. Elle réalise donc dans une remontée du processus de production en amont de la filière.

#### **A) Présentation de l'innovation**

##### **1 - LE PRINCIPE DE LA TEXTURATION DE FILIÈRE**

Les fils texturés de filière sont des filaments continus de structure complexe qui sont obtenus dans des conditions particulières de filage. On distingue :

— les texturés mono-composants, dont l'orientation moléculaire présente une distorsion entre le cœur et la peau de la fibre, obtenu par centrifugation du bain de filage ;

— les texturés « bi-composants », qui résultent du filage simultané de deux ou plusieurs polymères homogènes (à propriétés thermiques différentes), accolés à l'extrusion pour former une structure bilatérale, qui confère à la fibre des propriétés liées au phénomène bi-lame : en particulier des propriétés de gonflant et de frisure obtenues par l'union d'un polymère élastique à un polymère non élastique. La frisure peut être développée par un traitement thermique complémentaire.

Les fils texturés de filière sont souvent de ce second groupe. Ils constituent une catégorie des « fibres composites », que tendra de plus en plus à produire l'industrie chimique dans l'avenir.

La vitesse de production est très rapide par rapport aux procédés conventionnels de texturation. La vitesse de sortie du fil est de 800 mètres/minute ; ce qui représente l'équivalent de 5 000 000 tours/minute en texturation classique.

## **2 - LES PROCÉDES CONVENTIONNELS DE TEXTURATION**

Le procédé appelé « fausse torsion » a toujours été le plus employé en France.

A l'origine, la texturation se pratiquait selon un processus discontinu, à la vitesse de 15 mètres/minute et faisait intervenir successivement :

- une machine de moulinage conventionnelle, qui imprimait une torsion en fil, reçu sur un tube (rotation des fuseaux à 10 000 tours/minute) ;
- un autoclave de vaporisage, où étaient placés les tubes, dans lequel se produisait le fixage de la torsion, avec rétraction du fil ;
- une machine de moulage, de nouveau, où le fil était dévidé ; il recevait enfin une finition, tel l'assemblage de deux fils à torsion inverse sur assembleuse-retordeuse, pour annuler la tendance à vriller.

Depuis 1959 a été substitué dans l'industrie un processus continu, permis par l'invention d'équipements automatiques, spécialement conçus par les constructeurs d'équipement français, où le fil passe directement d'une broche fausse-torsion à un four tunnel électrique, à température régulée. A cette époque, la vitesse des broches était de 30 000 tours/minute, puis 50 000 tours/minute, et permettait une vitesse de suite du fil de 50 mètres/minute.

Actuellement, les machines utilisées dans l'industrie ont des vitesses de 250 000 à 400 000 tours/minute. Les machines proposées par les constructeurs tournent à 600 000 tours/minute, ce qui représente une vitesse de sortie du fil de plus de 100 mètres/minute.

Aussi, les procédés conventionnels mis en œuvre sur les matériels les plus récents correspondent à un rendement huit fois inférieur à celui de la texturation de filière.

Cependant, les fils conventionnels ont de meilleures propriétés de gonflant, et, en général des caractéristiques de qualité, qui rendent leur emploi plus général que pour les fils texturés de filière.

## **B) Recherche et développement**

### **1 - LA RECHERCHE PAR L'INDUSTRIE CHIMIQUE**

Les brevets relatifs à la fabrication des fils texturés de filière sont déposés depuis dix ans par les grands producteurs de fibres chimiques, dans différents pays.

Ces procédés sont en cours d'expérimentation industrielle aux Etats-Unis. On trouve, dès à présent, des fils de ce type commercialisés, tel le fil « Cantreco » de Du Pont de Nemours, utilisé pour la fabrication des bas. Les recherches se poursuivent, en général, dans différents pays.

En France, la production de fils texturés de filière pourrait démarrer assez rapidement, avant 1975, si l'utilité commerciale de ces produits se confirmait.

### **2 - LA RECHERCHE CHEZ LES CONSTRUCTEURS ET DANS L'INDUSTRIE TEXTILE**

Parallèlement à ces progrès qui concernent les texturés de filière, les équipements de texturation conventionnelle vont dépasser les performances

actuelles dans l'avenir. Des broches expérimentales, tournant à 1 000 000 tours/minute, ont été déjà mises au point, qui permettent d'obtenir une vitesse de sortie du fil de 170 mètres/minute. Des broches tournant à 3 000 000 tours/minute (procédé suédois) sont également au stade des recherches.

Par ailleurs, une nouvelle technique de texturation est à l'étude dans l'industrie textile, mais intéresse également l'industrie chimique : la texturation pneumatique. Elle se réalise dans un venturi, placé après l'étirage du fil, à la sortie de la filière. Elle permettrait d'atteindre une vitesse de production de 650 mètres/minute.

Ainsi, les procédés de texturation appelés à se développer dans l'avenir, en même temps que la texturation de filière, tendraient à rejoindre les hautes performances de celle-ci.

Les recherches intéressent simultanément plusieurs secteurs industriels, étant donné le développement du marché des fils texturés.

### **C) Les aspects régionaux du développement de la texturation de filière**

Les fils texturés de filière devraient concurrencer à long terme l'industrie du moulinage, et, à très long terme, intensifier la concurrence faite déjà par les fils texturés classiques aux produits des filatures.

#### **1 - LES CONSEQUENCES SUR L'INDUSTRIE DU MOULINAGE**

Cette industrie est essentiellement localisée en Rhône-Alpes, comme une grande partie de l'industrie chimique qui sera amenée à produire les texturés de filière.

##### **a) Perspectives d'activité**

Les fils texturés comme l'ensemble des textiles synthétiques participent à la substitution, au détriment des textiles naturels et artificiels (rayonne, fibranne) ; ils ont bénéficié durant ces dernières années d'un rythme de croissance élevé. En 1968, ils représentaient la part suivante du marché intérieur, en quantités :

5 % de l'ensemble des textiles,  
20 % des textiles synthétiques (fils et fibres),  
35 % des fils synthétiques.

Mais, on observe un léger fléchissement du rythme de croissance des textiles synthétiques qui ne pourra que s'accroître, notamment vers 1975, ces textiles ayant acquis une position dominante dans la consommation textile et ne bénéficiant plus dès lors d'un marché de substitution, à forte croissance.

Nous avons retenu l'hypothèse qu'à une progression de la consommation globale textile maintenue comme dans le passé au rythme annuel de 2 % en quantités, 3,5 % en volume, correspondrait, en raison du freinage de la substitution, une progression annuelle en quantités de la consommation intérieure des fils synthétiques de 10 % durant la période 1965/1975 (contre + 22 % par an de 1955 à 1965) et de 3,8 % entre 1975 et 1985. Ces

hypothèses se rattachent à un ensemble de perspectives de consommation établies pour les différentes fibres, naturelles, artificielles et synthétiques, sous forme de filés de fibres et de fils continus, cohérentes dans le cadre de la consommation globale textile pré-citée.

On a considéré d'autre part que la part des fils texturés dans les fils synthétiques continuerait encore à augmenter jusqu'en 1975, sous la pression de la demande (ils représenteraient alors la moitié des fils synthétiques consommés), mais tendrait ensuite à se stabiliser. Il a été également admis que la proportion des exportations de fils texturés resterait en 1975 et 1985 sensiblement la même qu'aujourd'hui, soit 20 %.

En fonction de ces hypothèses, la production des fils texturés augmenterait au rythme annuel de 11 % de 1969 à 1975 (contre + 25 % de 1966 à 1969), mais ne progresserait que de 5 % par an sur la période 1975 à 1985, taux qui est considéré comme un minimum dans la profession. Les fils texturés représenteraient alors, en 1985, 15 % de la consommation textile en quantités, contre 5 % actuellement.

Les fils texturés de filière seront lancés sur le marché durant la période 1970-1975. Mais il existe actuellement encore beaucoup d'inconnues sur le plan commercial. Il ne semble donc pas qu'un développement rapide et immédiat soit à envisager : il faut que le produit présente des propriétés qui intéressent progressivement la clientèle ; sa diffusion devrait se faire avec l'expansion du marché.

Mais la diffusion de la technique nouvelle, vers 1975, devrait coïncider avec une inflexion de la croissance du marché. Deux hypothèses sont envisageables :

— l'industrie chimique imposerait un développement plus rapide des texturés de filière, par une baisse relative des prix, ces produits étant destinés à des usages plus courants que les texturés conventionnels, par leurs propriétés et le rendement de la fabrication ; dans ce cas, l'industrie du moulinage verrait son activité très sensiblement freinée dès 1980 ;

— l'industrie chimique éviterait de trop perturber les structures de production existantes, ayant des participations financières dans le moulinage de la région, outre des débouchés de ses produits traditionnels dans ce secteur.

Dans ce cas, la diffusion des texturés de filière modifierait progressivement, et seulement à très long terme, l'activité du moulinage.

Les évolutions ne sont pas prévisibles actuellement. Elles dépendront de la qualité respective des fils produits selon les différents procédés, de leur prix de revient, et notamment des performances des techniques en présence.

Mais il est très possible, en outre, que la concurrence déborde le cadre des industries lyonnaises avec le développement à envisager de la texturation pneumatique. Celle-ci fait l'objet de recherches : elle atteindrait des rendements proches de ceux de la texturation de filière et serait susceptible d'être intégrée par d'autres branches du secteur textile, dans les secteurs lainier, cotonnier ou de la bonneterie. Cette éventualité donnerait plus de probabilités de se réaliser à la première des hypothèses qui ont été avancées.

En conclusion, l'inflexion du rythme d'expansion du marché et la concurrence d'autres techniques pourraient créer des difficultés dans l'industrie du moulinage de la région Rhône-Alpes, à partir de la période 1975-1980.

## **b) Conséquences sur l'emploi**

Le progrès des performances de l'équipement a permis dans le passé d'assurer la croissance de la production avec des effectifs stables, de l'ordre

de 10 000 personnes, dont 9 000 ouvriers, qui sont en large partie employés pour la texturation (par rapport à l'ouvroison classique qui est l'autre production du moulinage).

Il existe des réserves de productivité importantes dans l'industrie du moulinage, à base technique. Les équipements actuels de texturation sont constitués pour moitié des capacités de production de machines tournant à 250 000 tours/minute et à 400 000 tours/minute (rapports de rendement dans la proportion de 1 à 1,6). Le passage, en 1985, à des machines tournant au minimum à 600 000 tours/minute, telles qu'elles sont offertes actuellement par les constructeurs, et 1 000 000 tours pour une partie de l'équipement, assurerait l'accroissement de la productivité nécessaire au triplement de la production entre 1969 et 1985, avec une croissance des effectifs à peine sensible (inférieure à 1 % par an).

Si les texturés de filière se diffusaient à un rythme rapide sur le marché, l'emploi dans l'industrie du moulinage pourrait régresser en fin de période, à partir de 1980. Néanmoins, le caractère très automatisé de la fabrication et l'emploi peu nombreux dans ce secteur n'entraîneraient que des effets limités, globalement.

Mais des évolutions structurelles pourraient s'avérer nécessaires dans l'industrie du moulinage qui comporte actuellement, à côté de firmes importantes, de petites unités de fabrication et des fabricants à façon. Il pourrait en résulter, à l'intérieur même de la région, une évolution dans les localisations de l'emploi.

A très long terme, il semble que l'industrie du moulinage gardera par rapport aux texturés de filière un créneau de production dans des catégories de fils de qualité élevée, ce qui, compte tenu des exigences croissantes de la demande en articles de qualité, assurerait son maintien dans la région, avec des effectifs restreints par le progrès technique.

## **2 - LES CONSEQUENCES SUR LES FILATURES**

Les hypothèses précédentes, relatives au développement des textiles synthétiques par substitution et des fils continus, ont pour contrepartie, dans le cadre d'une consommation textile globale s'accroissant de 2 % par an en quantités, une légère régression de la consommation intérieure des fibres naturelles de coton et de laine durant la période 1969-1985. Mais celle-ci sera plus que compensée par la croissance des fibres synthétiques (discontinues) employées seules, ou en mélange avec d'autres fibres, dans la fabrication de filés. L'activité moyenne des filatures pourrait s'accroître, dans ces conditions, de 1,5 % par an, entre 1969 et 1985, dans la mesure où l'équilibre actuel des échanges extérieurs se maintiendrait.

Dans le cas d'une diffusion assez rapide des texturés de filière à partir de la période 1975-1980, accompagnée d'une baisse de prix se répercutant sur l'ensemble du marché, la substitution s'accroîtrait au détriment des filés de fibres. Il en résulterait, par rapport à l'hypothèse antérieure, une stabilisation du niveau moyen d'activité des filatures.

Les secteurs les plus concernés par la concurrence des fils texturés sont les filatures de laine peignée et les filatures de coton. Au cours des dernières années, les progrès de productivité enregistrés dans ces industries ont été de 3 % par an.

La réduction d'effectifs dans les filatures serait donc accentuée, à long terme, par la concurrence des fils texturés de filière. La région du Nord est la plus concernée, plus de 20 000 ouvriers étant employés actuellement

dans ces secteurs ; mais également les régions de l'Est, où par ailleurs la mise en œuvre de la turbine dans l'industrie cotonnière réduira beaucoup l'emploi.

STRUCTURE REGIONALE DE L'EFFECTIF OUVRIER, EN 1968				
en nombre				
	France entière	Nord	Lorraine	Alsace
Filature de coton .....	29 200	11 300	6 300	4 100
Peignage et filature de laine peignée	14 400	12 000	—	900*

\* Peignage exclu.

Il n'est pas exclu que les industries lainière et cotonnière développent elles-mêmes les procédés de texturation par venturi de fils synthétiques. Mais l'impact serait réduit sur l'emploi régional, au sens des créations d'emploi.

## D) Conclusion

La texturation de filière devrait faire l'objet des premières productions en France, avant 1975. Elle entre dans le cadre d'une évolution de l'industrie chimique, dans le monde, vers des fabrications de « fibres composites », à propriétés améliorées, qui seront l'un des progrès techniques attendus à l'avenir de ce secteur.

Cette technique issue de l'industrie chimique aura des répercussions générales à très long terme, qui s'étendront aux diverses branches d'activité du secteur textile, en particulier l'industrie du moulinage, et aux filatures (concurrences).

Les régions Rhône-Alpes et du Nord seront les plus intéressées à cette évolution de la structure des produits textiles, qui modifiera la répartition des activités à très long terme.

## **4 - LA FILATURE PAR TURBINE**

La filature, procédé de base de la transformation textile, produit des filés à l'usage du tissage et de la bonneterie, à partir de fibres naturelles ou chimiques (artificielles et synthétiques) qui sont assemblées pures ou mélangées.

L'équipement est très élaboré : il a bénéficié de progrès constants depuis le début de la mécanisation, qui rendent difficilement perfectibles certaines machines, telles le banc à broche et le continu à filer.

Le passage à un seuil supérieur de performance ne pourra se faire que sur la base de machines de conception entièrement nouvelles ; la turbine répond à cet impératif.

La technologie nouvelle de filature « open-end » va modifier profondément le processus de fabrication, au niveau de la filature de coton notamment. Nous analyserons les répercussions qu'elle est susceptible d'entraîner au niveau des structures industrielles existantes et du milieu régional.

### **A) Présentation de l'innovation**

#### **1 - LA TECHNOLOGIE**

Les méthodes mécaniques classiques consistent dans l'étirage final d'une mèche préalablement affinée, suivi d'une torsion. Le principe de filature « open-end » (à fibres libérées) est totalement différent : selon cette technique, on procède par dispersion préalable des fibres, qui sont ensuite condensées, parallélisées en ruban et tordues, pour former le filé.

Plusieurs procédés s'inspirent de ce principe : procédés pneumatiques, procédés basés sur les techniques électrostatiques ou sur la mécanique des fluides ; nous examinerons seulement ici le procédé de filature par turbine qui est actuellement la plus avancée et dont le succès paraît dès aujourd'hui assuré.

La turbine met en œuvre la force centrifuge pour amener à condensation les fibres et donner une torsion au filé en formation. La turbine est perforée ; il se crée une dispersion dans le tube d'alimentation qui favorise la libération des fibres ; celles-ci sont amenées dans la partie inférieure de la turbine, où les frottements et l'action de l'air tendent et parallélisent les fibres, que le fil en formation vient ramasser.

## **2 - LES INCIDENCES TECHNIQUES ET COMMERCIALES**

L'intérêt que soulève la turbine est très vif ; les discussions portent sur ses répercussions éventuelles.

Il est admis de façon générale que la turbine entraîne une réduction de la longueur du processus de production pour la suppression de certaines machines (banc à broches, continu à filer et bobinoir partiellement). A ce premier avantage, il convient d'ajouter un doublement des vitesses de production par rapport au continu à filer. Il en résulterait une réduction de main-d'œuvre de 40 % environ au seul stade du filage, dont le coût pourrait être ainsi réduit de 50 % en moyenne, soit un gain de 25 % pour l'ensemble de la filature.

En contrepartie, l'utilisation de la turbine est pour l'instant limitée aux fibres de coton de bonne qualité (Qualité Strict à Good Middling) et aux fibres chimiques en coupe courte, limitée également par la gamme courante des fils de numéros métriques compris entre 17 et 60 ; le numéro métrique maximum actuellement atteint étant de 70 ; le numéro 100 pourrait l'être dans l'avenir.

Le fil ainsi produit présente un aspect pelucheux en raison du moins bon alignement des fibres que dans le fil classique ; par contre, la régularité du fil est supérieure ; cette qualité essentielle est appréciée en tissage, le fil régulier a un meilleur allongement, ce qui réduit les risques de casse et le coût de réparation du tissu ; par contre, sa moins bonne résistance à la traction, inférieure de 10 % à 20 % à celle du fil classique, interdit encore son utilisation comme fils de chaîne (on peut accroître la résistance du fil en augmentant la torsion de 10 % à 20 %, mais la vitesse de production se trouve réduite). En bonneterie, le fil issu de la turbine permet un tricotage plus régulier ; son aspect pelucheux donne une meilleure couverture aux tricots.

## **B) Recherche et développement**

### **1 - LES CADRES DE LA RECHERCHE**

Le stade de la recherche fondamentale est déjà dépassé ; les travaux s'efforcent de parfaire la technologie industrielle. Les préoccupations sont nombreuses, et pour répondre à chacune d'elles, les constructeurs et les industriels du secteur textile unissent leurs efforts.

Des recherches ont lieu dans le cadre des industries utilisatrices. En France, elles sont effectuées en collaboration entre les filatures, qui étudient en usine des installations expérimentales, et l'Institut Textile de France, en vue de déterminer les conditions de filage des différentes fibres textiles ; ensuite d'examiner les utilisations possibles des filés produits pour les tissages et la bonneterie ; enfin d'établir des prix de revient comparés des divers procédés.

Des recherches sont en cours chez les constructeurs pour accroître les performances des turbines, en élargissant le diamètre et en augmentant la vitesse (mais l'accroissement de la consommation en énergie est plus que proportionnel aux performances).

Notons que la turbine n'est pas utilisée à l'heure actuelle pour filer la laine, étant donné la longueur de la fibre et l'irrégularité de son diagramme : également du fait de la différence de structure que présenteraient les filés ainsi produits par rapport au filé classique.



Les fibres synthétiques et artificielles, propres et de longueur constante, sont facilement traitables par turbine ; mais cet emploi serait favorisé par une amélioration des formes et des propriétés des fibres (forme lobée, structure cœur et peau) dans le cadre des recherches de l'industrie chimique.

La coupe des fibres chimiques devra être également améliorée ; l'utilisation de convertisseur ou de machine tow-to-top ne donne pas de résultats satisfaisants ; si la longueur des fibres utilisables par la machine était portée à 60 mm (au lieu de 40 mm), la solution à ce problème serait facilitée.

## **2 - LES ECHEANCES ET LES FACTEURS DE DIFFUSION**

Le premier prototype industriel a été présenté par la Tchécoslovaquie à la foire internationale de Brno en 1965. La plupart des pays industriels étudient des modèles de turbine ; signalons la société Whitin aux Etats-Unis, Ingolstadt en Allemagne et Rieter en Suisse. En France, la société alsacienne de construction mécanique (SACM) a conçu et réalisé une turbine dont la construction en pré-série est d'ores et déjà commencée. Par ailleurs, des constructeurs fabriquent la turbine tchèque sous licence (Toyota, San Giorgio). Cependant, l'offre reste encore limitée et des délais de deux ans environ seront demandés aux acheteurs.

A moyen terme, les investissements se font sur la base du continu à filer dans le cadre de plans d'investissements de cinq à huit ans ; cela introduit donc un délai supplémentaire de mise en œuvre. Ce n'est qu'à partir de 1975 que les continus à filer, dont la durée d'amortissement et d'usage est de dix ans en moyenne, commenceront à être remplacés, permettant un élargissement de la diffusion industrielle des turbines.

Ces délais seraient raccourcis si les études en cours faisaient apparaître des coûts de production comparés particulièrement favorables à la turbine. La vitesse se révèle coûteuse en énergie et la charge d'amortissement élevée par rapport au continu à filer, dans la mesure où il est nécessaire d'amortir plus rapidement ce nouveau matériel (cinq ans, contre dix ans). Les prix d'achat et les frais d'installation d'une turbine seraient de 250 000 F environ, contre 85 000 F pour le continu à filer, soit un rapport de prix de 1 à 3 pour un rapport de production de 2.5 à 1 ; mais ce calcul ne tient pas compte du remplacement du banc à broche (80 000 F) et du bobinoir (100 000 F) par la turbine ; si l'on retient cette dernière hypothèse, les dépenses d'investissements sont équivalentes. La charge d'investissement par unité produite paraît encore à l'avantage de la turbine dans l'hypothèse moins favorable où le bobinoir ne serait que très partiellement supprimé.

Une production des turbines en grande série et des difficultés de recrutement de main-d'œuvre, provoquant une hausse des coûts salariaux, seraient également des facteurs favorables à la diffusion de la turbine.

## **C) Les aspects régionaux du développement de la turbine**

Notons en première analyse, que l'application industrielle de la turbine touchera, par priorité, l'industrie cotonnière.

Cette nouvelle technologie intéresse donc pratiquement quatre régions qui regroupent, à elles seules, 85 % des effectifs ouvriers de la filature de coton et qui en regrouperont, selon les prévisions du BIPE, 90 % en 1975, date de la diffusion industrielle de la turbine. Il s'agit de la région Nord, de la Lorraine, de l'Alsace et de la Haute-Normandie (cf. tableaux ci-après).

## FILATURE DE COTON

### Structures régionales

	France entière	Nord	Haute-Normandie	Lorraine	Alsace	Franche-Comté	Autres
<b>1965</b>							
Production .....	100	33,5	13,1	26,3	12,1	7,9	7,0
Effectifs ouvriers .....	100	39,3	10,6	22,4	14,1	5,6	7,9
Parc continu à filer (en % du total régional) :							
— simple équipe .....	1,4	1,3	1,4	0,2	1,6	2,6	7,9
— double équipe .....	65,5	58,7	44,3	68,5	72,0	85,5	71,3
— triple équipe .....	33,1	40,0	54,3	31,3	27,8	11,9	20,8
<b>1970</b>							
Production .....	100	33,7	13,4	26,5	11,3	9,0	6,1
Effectifs ouvriers .....	100	39,0	10,8	22,7	13,8	7,5	6,2
Parc continu à filer (en % du total régional) :							
— simple équipe .....	0,5	0,4	0	0	0,8	1,9	0
— double équipe .....	55,4	45,4	38,2	64,6	63,3	62,3	53,2
— triple équipe .....	44,1	54,3	61,8	35,3	35,9	35,9	46,8

Source : ESIC.

## FILATURE DE COTON

Structure régionale des effectifs ouvriers

en nombre

	1965	1969
Nord .....	13 826	12 054
Haute-Normandie .....	3 746	3 222
Lorraine .....	7 887	6 481
Alsace .....	4 949	4 193
Franche-Comté .....	2 034	2 183
Autres régions .....	2 778	1 951
France entière .....	35 220	30 084

Source : ESIC.

### 1 - L'INCIDENCE SUR LES EQUIPEMENTS

Nous avons envisagé précédemment une diffusion industrielle de la turbine à partir de 1975 ; elle devrait se faire au rythme de l'amortissement des équipements en continu à filer, cependant la turbine sera encore perfectible et sa mise au point ne sera définitive que vers 1980. Il est donc vraisemblable qu'entre 1975 et 1980, les industriels freineront le renouvellement des équipements classiques et prolongeront la durée d'utilisation des matériels continu à filer.

A partir de 1980, ils accéléreront l'installation des turbines, raccourcissant la durée d'amortissement des continus à filer qui pourrait être ramenée à huit ans, ou moins encore. Dès 1985, environ 35 % de la production pourrait être fabriquée sur turbines.

Ce chiffre semble pouvoir être retenu car la turbine conjugue des économies de main-d'œuvre et des rendements élevés, ce qui entraînerait une réduction du coût, voisine de 50 %. Une telle considération paraît déterminante même si l'aspect du fil n'est pas traditionnel, d'autant plus que cette particularité n'apparaît pas forcément dans les tissus et pourrait, au contraire, autoriser des effets nouveaux. Au-delà de cette date, la croissance du parc de turbine s'infléchira rapidement, car elle se heurtera très vite au plafond que représente la stabilité de la production cotonnière.

La diffusion précédemment décrite tient compte de plusieurs hypothèses :

— Hypothèse de production : la production de filés par les industries cotonnières a été estimée à partir de l'évolution à long terme de la consommation intérieure de fibres de coton (195 000 tonnes en 1985) et de celle de fibres synthétiques (165 000 tonnes en 1985 dont 61 000 tonnes pour la filature de coton), rectifiée pour prendre en considération la dégradation probable du commerce extérieur français de tissus de coton et de fibranne jusqu'en 1975, en raison de l'assouplissement prévisible de la réglementation qui protège encore le marché français de la concurrence internationale. Le déficit serait alors de 16 000 tonnes environ et il pourrait rester du même ordre jusqu'en 1985. Nous aboutirons ainsi à une production de filés de 230 000 tonnes en 1975 et 220 000 tonnes à 230 000 tonnes en 1985.

— Hypothèse de productivité : l'extrapolation des tendances actuelles permet de retenir une croissance des rendements du continu à filer à un

rythme voisin de + 1 % l'an (on passerait d'un rendement annuel égal à 30,3 kg par broche en 1970 à un rendement de 33,4 kg par broche environ en 1985). Le rendement de la turbine est, à l'heure actuelle, égal en moyenne à deux fois et demi celui des continus à filer ; ce rapport devrait s'accroître en raison de la montée en performance de la turbine alors que celle des continus à filer tend à plafonner (nous avons retenu un rapport égal à 3 en 1985).

— Hypothèse d'utilisation du parc : l'utilisation en triple équipe du parc de continus à filer tend à se généraliser ; la projection en 1985 de cette évolution nous permet d'envisager une telle utilisation pour 70 % du parc de continus à filer. La turbine sera utilisée en triple équipe, afin d'aboutir à une meilleure rentabilité et ainsi amortir très vite ce matériel dont les premières séries risquent d'être rapidement démodées.

Moins de dix machines sont dès aujourd'hui installées ; sur la base de 200 turbines par machine, 70 environ le seraient en 1975 assurant 1,5 % de la production, 300 en 1980 (8 % de la production) ; le chiffre de 1 300 pourrait être atteint en 1985 pour un parc de continus à filer de 4 000 machines (400 broches par machine en moyenne). Ainsi 35 % environ de la production serait fabriqué alors sur des turbines.

A plus long terme, une substitution complète des turbines aux continus à filer peut être retenue, mais cette échéance ne semble envisageable que dans le courant des années 1990.

Nous supposons donc une diffusion progressive ; elle sera générale, mais non uniforme, en raison de la diversité des attitudes face à l'innovation et des milieux régionaux plus ou moins réceptifs dans lesquels elle va s'insérer.

En 1970, 55,4 % du parc de continus à filer étaient utilisés en double équipe, 44,1 % en triple équipe (55,4 % et 44,1 % respectivement en 1965), mais les écarts régionaux par rapport à cette moyenne nationale sont importants : en Haute-Normandie, l'utilisation du matériel en triple équipe est la plus répandue (61,8 % du parc) ; vient ensuite le Nord (54,3 %) ; à l'opposé se trouvent la Franche-Comté et l'Alsace (39,0 %) ; cette hiérarchie était la même dès 1965.

La diffusion des équipements utilisés en triple équipe est le signe d'une meilleure rentabilité, les machines sont utilisées de manière intensive, le coût des produits se trouve réduit, l'amortissement est facilité, ce qui permet un renouvellement plus rapide du matériel soumis à une plus grande usure.

La mise en œuvre de la turbine semble donc facilitée dans des régions telles le Nord ou la Haute-Normandie, régions où, en outre, les économies de main-d'œuvre que cette innovation autorise joueront un rôle primordial en raison des difficultés rencontrées par les industriels pour recruter leur personnel, les tensions sur le marché du travail étant génératrices de hausse de coût salarial.

## **2 - L'INCIDENCE SUR LA MAIN-D'ŒUVRE**

La turbine présente par rapport au processus classique de production des filés l'avantage de supprimer le banc à broche, le continu à filer et partiellement le bobinoir. Sa mise en œuvre entraînerait donc la disparition des soigneurs de bancs, de même que celle des manutentions intervenant entre les différentes opérations. Il résulte d'essais actuellement en cours que la productivité de la turbine permet, pour une même production, une économie de main-d'œuvre de 40 % au stade du filage.

Nos prévisions de l'évolution probable des effectifs ouvriers dans la filature de coton tiennent compte des hypothèses de production de filés de coton que nous avons retenues précédemment, ainsi que du taux de diffusion que nous avons alors calculé. Les calculs sont basés sur une extrapolation de la récente tendance à la baisse de la durée de travail et sur la projection de l'évolution passée du rendement par heure ouvrée (la production par heure ouvrée sur continu à filer serait de 6,8 tonnes environ en 1985 contre 4,8 tonnes en 1970 en raison des rapports de rendements, la production par heure ouvrée sur turbine serait de 20,5 tonnes et 12 tonnes respectivement). Pour la période 1975 à 1985 (à production constante), les effectifs de l'ensemble de la filature diminueraient ainsi de 35 % environ, à partir d'un effectif de 24 000 ouvriers en 1975 ; 13 % des effectifs seraient alors employés sur ce type de machine.

En 1970, cinq régions assurent 94 % de la production de filés de coton, avec 94 % des effectifs ouvriers (cf. tableau précédent) ; les trois premières régions, le Nord, la Lorraine et la Haute-Normandie fabriquent à elles seules 73,6 % de la production avec 72,5 % des effectifs ; une région domine nettement : le Nord (39,0 % de la production, 39,3 % des effectifs).

L'impact sur la main-d'œuvre de la diffusion de la turbine sera d'autant plus ressenti que la filature de coton occupe une place importante dans l'emploi industriel. Les conséquences seront les plus lourdes en Alsace, où la filature de coton représente 6,4 % de l'emploi industriel (cf. tableau ci-dessous) et la Haute-Normandie (4,8 %) ; par contre, la région du Nord (3,9 %), bien qu'employant 39,3 % des ouvriers des filatures de coton, occupe une position plus favorable du fait du poids des autres industries.

EFFECTIFS OUVRIERS EN 1967							
	en nombre						
	France entière	Nord	Haute-Normandie	Lorraine	Alsace	Franche-Comté	Autres
Filature de coton ....	31 881	12 260	3 606	7 161	4 409	2 170	2 275
Toutes industries ....	2 232 917	318 317	75 200	186 700	75 000	87 200	1 490 500
Filat. de coton (en % du total des emplois industriels) .....	1,43	3,85	4,89	3,84	6,41	2,49	0,15

Source : Ministère de l'Industrie.

## D) Conclusion

La production de fils et de filés de coton étant stable ou en légère diminution à long terme, il paraît légitime d'envisager une concentration de la production plus forte que celle que nous connaissons aujourd'hui à la suite de la mise en œuvre de la turbine. Cette concentration aura toute chance de bénéficier aux régions les plus novatrices qui tenteront les premières cette expérience nouvelle. Dans ces mêmes régions, l'augmentation de la production régionale freinera légèrement la diminution de la main-d'œuvre qu'entraînera l'introduction de la turbine ; au contraire, la concentration de la production précipitera le déclin de la filature de coton dans les autres régions.

## **5 - LE TISSAGE SUR MACHINES SANS NAVETTE**

Le tissage permet de réaliser les étoffes très variées par l'entrecroisement de fils, appelés chaîne et trame. Malgré les perfectionnements techniques dont ont bénéficié les métiers classiques à navette, ils tendent à atteindre une limite de rendement qui a conduit à la mise au point de machines sans navette, tissant plus rapidement avec un vecteur léger de trame.

La diffusion de la machine sans navette est variable suivant les branches textiles. Elle pourrait accélérer certains phénomènes de restructuration au niveau des firmes, dont les répercussions régionales seront notables.

Les recherches en tissage se poursuivent dans deux directions complémentaires : un système d'insertion simultané de plusieurs fils de trame (tissage appelé continu, ou à foule ondulante) et la commande-contrôle électronique des métiers à tisser. Mais les perspectives encore lointaines d'aboutissement des recherches ne permettent pas de préciser les conséquences régionales de la mise en œuvre de ces innovations dans les industries.

### **A) Présentation de l'innovation**

La machine à tisser sans navette présente de nombreux avantages par rapport aux métiers classiques : une très grande flexibilité, puisque le tramage se fait avec quatre à huit couleurs, en duites à duites ; le plus souvent avec une liberté totale de séquences sans influencer sur la vitesse, une alimentation directe en grosse bobine de fil, ce qui supprime le cannetage et les coûts y afférents ; un rendement supérieur à celui des métiers automatiques et une productivité plus élevée. L'inconvénient majeur reste le prix d'achat de ce nouveau matériel qui, par rapport à celui d'un métier automatique, est de deux à quatre fois plus élevé, selon les caractéristiques des machines.

La première machine à tisser opérationnelle a été la machine Sulzer (à projectile) dont le prototype industriel a été présenté vers les années 1948-1950. Les travaux poursuivis ont permis d'élever les performances de la machine, élargissant ses possibilités de diffusion dans l'industrie : le prototype une couleur pour l'industrie cotonnière fut présenté vers 1950, la première machine quatre couleurs pour l'industrie lainière le fut en 1960 ; en 1967, une machine à ratière, polyvalente, est mise au point ; en 1968, une machine Jacquard (armures illimitées) apparaît et, actuellement, une machine à six couleurs.

Depuis 1950, toute sorte de machines à tisser sans navette (à lances souples et lances rigides, à jet d'eau, à jet d'air) ont été mises sur le marché. Il faut signaler parmi celles-ci l'existence de machines de conception française : les machines Dewatex, Fatex, la machine MAV de la Société Alsacienne de Construction Mécanique, commercialisée en 1963 et, récemment, la machine Dierderichs.

Les machines sans navette sont actuellement suffisamment perfectionnées et différenciées pour satisfaire aux besoins variés de l'industrie.

A moyen et long terme, elles seront un support technique utile au tissage pour lutter contre la concurrence de la bonneterie et des non-tissés.

## **B) Recherche et développement**

Actuellement, il existe sur le marché une cinquantaine de fabricants de machines à tisser et une quarantaine de modèles différents ; les brevets et prototypes à l'étude sont nombreux. Les apports techniques permettent une meilleure adaptation des machines aux exigences des industriels, notamment en accroissant la flexibilité.

La recherche fondamentale est axée désormais sur le tissage continu sur métier à foule ondulante ; ce tissage s'effectue par insertion simultanée de plusieurs fils de trame, qui progressent de façon décalée sur la largeur du métier, tandis que se propage en onde une série équivalente de foules (ouvertures de fils de chaîne) ; à chaque porte-trame correspond une foule et une zone de tissage, ce qui accroît considérablement la capacité de production du métier (dans le rapport de 1 à 5 vis-à-vis du métier automatique).

Le tissage à foule ondulante permettra de dépasser le seuil de vitesse atteint par le tissage à une trame, même avec les métiers sans navette les plus rapides. Le tissage s'effectue actuellement par la succession de trois opérations (formation de la foule, insertion de la trame, tassement de la duite) ; la machine sans navette a permis d'accélérer le second temps ; le principe de la machine à foule ondulante a pour avantage de substituer à ce processus discontinu un processus continu, où les trois phases de tissage s'effectuent simultanément en plusieurs points de la machine.

Les recherches sur le tissage continu ont lieu notamment en Suisse (Rüti) et les premiers prototypes utilisables dans l'industrie seraient disponibles vers les années 1980. Il semble également que la commande-contrôle électronique sera associée à ce nouvel équipement. Les métiers à tisser à foule ondulante présenteront un grand intérêt dans les secteurs à production de masse : tissus de coton, tissus synthétiques, où ils devraient se diffuser en priorité. Mais il est prématuré d'avancer actuellement des perspectives plus précises.

Pour les machines sans navette, la diffusion industrielle est d'ores et déjà bien engagée ; mais elle est variable suivant les branches, comme nous le verrons plus loin. Il semble qu'existait en France, en 1968, un parc de 3 500 machines sans navette environ ; le taux de diffusion par rapport au parc total des métiers dans chaque industrie serait, à cette date, de 20 % dans l'industrie lainière, 2 % dans l'industrie cotonnière, 1 % dans l'industrie de la soierie, leur poids étant plus important dans la production, compte tenu de leur rendement par rapport aux métiers classiques.

### C) Les aspects régionaux du développement des machines sans navette

L'insertion dans le cadre régional de cette nouvelle technologie se fera par l'intermédiaire des firmes ; du fait même de cette insertion, la structure des firmes se trouvera modifiée ; il conviendra d'examiner comment.

Notons, au préalable, que la répartition régionale des industries textiles de tissage est variable suivant la branche considérée : le tissage de soieries concerne essentiellement une région, la région Rhône-Alpes où est concentrée 95 % de l'activité de la branche. La concentration régionale reste encore forte pour le tissage de coton, puisque cinq régions assurent en 1969, 85 % de la production (avec 83 % des effectifs ouvriers), deux régions produisent à elles seules 61 % de la production (83 % des effectifs) (cf. tableaux ci-après). La dispersion est plus grande dans l'industrie lainière, mais le Nord y occupe une position dominante avec 35 % environ de la production et 43,5 % des effectifs ouvriers.

Parmi les effets directement liés à la mise en œuvre des machines sans navette, nous retiendrons — en plus de l'impact sur les firmes — les incidences sur les équipements et la main-d'œuvre.

#### STRUCTURE REGIONALE DES INDUSTRIES DU TISSAGE DE COTON EN 1969

en % de la France entière

	Effectifs	Production
Nord .....	32,6	31,6
Haute-Normandie .....	6,6	8,1
Pays de la Loire .....	2,4	2,5
Picardie .....	3,3	3,1
Lorraine .....	25,9	29,1
Alsace .....	10,8	8,1
Franche-Comté .....	6,9	8,0
Rhône-Alpes .....	8,0	6,4
Autres régions .....	3,7	3,2

Source : D'après les statistiques ESIC.

#### STRUCTURE REGIONALE DES INDUSTRIES DU TISSAGE DE LAINE EN 1969

en % de la France entière

	Effectifs	Production
Régions lainières (1) :		
Région Nord .....	43,7	35,4
Région 1 : Paris .....	9,0	9,9
Région 1 bis : Ardennes .....	3,1	3,5
Région 2 : Normandie, Bretagne .....	3,2	1,9
Région 3 : Reims .....	1,4	2,0
Région 4 : Centre .....	6,9	5,8
Région 5 : Sud-Est .....	8,7	12,4
Région 6 : Midi .....	15,3	19,4
Région 7 : Alsace .....	8,7	9,6

(1) Définition des régions lainières : la région Nord correspond à la région de programme Nord. La région 1 coïncide en gros avec la Région parisienne, la Picardie, d'une partie de la région Centre, la région 1 bis est constituée par le département des Ardennes. La région 2 recouvre les régions Haute et Basse-Normandie, Bretagne et Pays de la Loire. On assimilera la région 3 à la région Champagne, la région 4 aux régions Limousin et Poitou-Charentes et une partie de la région Centre. La région 5 englobe les régions Rhône-Alpes, Provence-Côte d'Azur et une partie des régions Auvergne et Bourgogne. La région 6 regroupe les régions Aquitaine, Midi-Pyrénéens et Languedoc-Roussillon ; la région 7 est la réunion des régions Alsace-Lorraine et Franche-Comté.

Source : D'après les statistiques CCLIL.



## 1 - LES CONSEQUENCES SUR LES FIRMES

La diffusion des machines sans navette, matériels nouveaux plus onéreux, s'accompagnera d'une restructuration des industries dans le sens d'une plus grande concentration. L'effort nécessaire d'investissement ne sera bien sûr qu'un facteur de ce mouvement, dont le moteur essentiel reste l'ouverture du marché français à la concurrence internationale.

L'investissement en machines sans navette est de trois fois environ supérieur à un investissement équivalent en métiers à tisser automatiques ; sa réalisation suppose donc une capacité financière très supérieure et une bonne rentabilité ; cette rentabilité permettant soit un investissement sur fonds propres dans des conditions rémunératrices pour les capitaux ainsi engagés, soit un recours à l'emprunt en assurant un amortissement financier rapide.

La situation actuelle des firmes est très diverse suivant les branches de l'industrie et, au sein d'une même branche, les contrastes sont grands ; cependant, force est de constater qu'aujourd'hui encore un grand nombre de firmes n'ont pas une rentabilité suffisante : leur existence est alors en jeu ; d'autres, dont la situation est saine, n'ont pas une dimension leur permettant d'accéder au marché financier, leur faculté novatrice en est souvent limitée.

Dans l'industrie lainière, des restructurations importantes ont eu lieu : le nombre des firmes a diminué et plusieurs ont atteint la taille nationale et quelques-unes, une envergure internationale ; la diffusion des machines à tisser sans navette, qui est déjà très avancée, n'aura pas d'influence notable.

Dans l'industrie cotonnière et l'industrie de la soierie, il en ira tout autrement, car seuls quelques groupes ont les dimensions et les structures de groupes modernes ; la majorité des firmes sont des petites et moyennes entreprises, la plupart à caractère familial. Pour acquérir les machines à tisser et ainsi profiter d'une technologie nouvelle, des regroupements des concentrations devront avoir lieu, le nombre des firmes diminuera, leur structure en sera modifiée.

La région Nord paraît la mieux placée pour bénéficier de ces mouvements de concentration car les groupes, aujourd'hui dominants, y sont puissamment installés ; un peu en retrait se situerait la Lorraine.

## 2 - LES CONSEQUENCES SUR LES EQUIPEMENTS

L'évolution qualitative de l'équipement en fonction du progrès technique est le signe du maintien des capacités productives d'une région. Mais la diversité des situations oblige à une distinction par branches d'industries, encore qu'à long terme cette distinction traditionnelle des tissages selon la firme principale employée n'ait plus de réelle signification.

### a) Tissage de laine

L'industrie lainière a été la première concernée, car les machines sans navette associent une grande flexibilité à des bonnes performances, le métier automatique ne présentant par rapport aux métiers ordinaires que l'avantage de meilleurs rendements.

Introduites dans l'industrie lainière vers 1960, les machines sans navette assureraient aujourd'hui, selon nos estimations (il n'existe aucune information de la profession à ce sujet), plus de 60 % de la production. Le parc de machines sans navette serait, en 1969, de 2 300 environ pour un parc total un peu supérieur à 9 000 machines.

**TISSAGE DE LAINE**  
Structure régionale de l'équipement

	Région Nord	Région 1 Paris Picardie	Région 1 bis Ardennes	Région 2 Normandie Bretagne	Région 3 Reims	Région 4 Centre	Région 5 Sud-Est	Région 6 Midi	Région 7 Alsace	France entière
<b>1960</b>										
Métiers ordinaires :										
— en nombre .....	4 705	1 124	565	831	269	710	1 758	2 082	960	13 004
— en % du total des mét.	<b>59,6</b>	<b>67,6</b>	<b>85,5</b>	<b>86,5</b>	<b>66,3</b>	<b>89,5</b>	<b>85,0</b>	<b>92,2</b>	<b>79,1</b>	<b>72,6</b>
Métiers automatiques et machines sans navette :										
— en nombre .....	3 193	538	96	130	137	83	311	175	254	4 917
— en % du total des mét.	<b>40,4</b>	<b>32,4</b>	<b>14,5</b>	<b>13,5</b>	<b>33,7</b>	<b>10,5</b>	<b>15,0</b>	<b>7,8</b>	<b>20,9</b>	<b>27,4</b>
Total .....	7 898	1.662	661	961	406	793	2 069	2 257	1 214	17 921
<b>1969</b>										
Métiers ordinaires :										
— en nombre .....	1 034	289	174	72	63	396	778	1 291	513	4 610
— en % du total des mét.	<b>31,7</b>	<b>31,7</b>	<b>53,4</b>	<b>40,4</b>	<b>34,8</b>	<b>73,5</b>	<b>67,8</b>	<b>72,0</b>	<b>58,0</b>	<b>50,0</b>
Métiers automatiques et machines sans navette :										
— en nombre .....	2 225	622	152	106	118	143	369	502	372	4 609
— en % du total des mét.	<b>68,3</b>	<b>68,3</b>	<b>46,6</b>	<b>59,6</b>	<b>65,2</b>	<b>26,5</b>	<b>32,2</b>	<b>28,0</b>	<b>42,0</b>	<b>50,0</b>
Total .....	3 259	911	326	178	181	539	1 147	1 793	885	9 219
Source : Syndicat de la Laine.										

Dès 1975, près de 85 % des fabrications seraient produites sur machines sans navette. Cette hypothèse suppose un infléchissement rapide de la croissance du parc de machines sans navette et une inflexion corrélative de la diminution des parcs de métiers ordinaires et automatiques, ces derniers étant particulièrement concurrencés. Un tel mouvement paraît inéluctable du fait de la stabilité de la production.

Une production assurée en 1985 à 90 % sur machines sans navette semble représenter la diffusion maximale qu'il soit possible d'attendre ; un minimum de 10 % des fabrications resterait le fait des métiers ordinaires et automatiques, afin de répondre à des productions spécifiques de courte série. Le parc total serait alors de 5 000 unités environ, dont 3 500 machines sans navette et 1 600 métiers automatiques et ordinaires (respectivement 1 100 et 500).

Cette diffusion tient compte de plusieurs hypothèses :

— Hypothèse de production : nous avons repris, pour 1975, l'hypothèse de consommation intérieure de tissus de laine (57 000 tonnes) retenue par la Commission des industries textiles du VI<sup>e</sup> Plan. Nous envisageons, d'autre part, une dégradation probable de notre commerce extérieur, compte tenu de l'assouplissement prévisible de la réglementation qui protège encore le marché français ; cependant, ce commerce resterait excédentaire en 1975 (+ 1 000 tonnes). Dans ces conditions, la production française ressortirait à 58 000 tonnes.

A plus longue échéance, nous avons admis que la concurrence internationale se normaliserait, ce qui conduirait à un équilibre de nos échanges en 1985. La production serait alors peu éloignée de 57 000 tonnes.

— Hypothèse de productivité : l'évolution actuelle de la production annuelle par métiers automatiques nous conduit à envisager une production annuelle de l'ordre de 3 tonnes par métier en 1975, les performances des métiers automatiques plafonnant, ce même chiffre sera retenu en 1985. Les rapports de rendement sont aujourd'hui en moyenne de 0,66, 1 et 1,66 respectivement pour les métiers ordinaires, les métiers automatiques et les machines sans navette ; ces rapports ne devraient pas varier de façon significative d'ici à 1985, en raison de contraintes de production qu'imposent certains produits (armature, contexture, variétés de couleurs, etc.).

— Hypothèse d'utilisation du parc : l'équipement en machines sans navette représentant un investissement coûteux, l'utilisation en triple équipe de ce matériel s'impose. En l'absence d'information, nous n'avons pas une connaissance directe des coefficients d'utilisation du parc par type de matériel, nous avons procédé à une estimation ; en raison de l'incertitude qui pèse déjà sur ces coefficients, nous admettons qu'il sont constants sur la période ; envisager une variation serait tout aussi arbitraire et ne nous apporterait aucune certitude supplémentaire. Les coefficients retenus sont de 1,3 pour le parc de métiers ordinaires et de 2,2 pour le parc de métiers automatiques.

Compte tenu du taux de diffusion déjà atteint dans l'industrie lainière, les incidences régionales de l'introduction dans l'industrie des machines sans navette sont déjà inscrites dans les faits ; l'évolution future ne devrait que confirmer les tendances actuelles (cf. tableau précédent), en atténuant cependant les disparités régionales de structure de parcs.

Dans le Nord et la région Picardie, la diffusion des machines sans navette paraît la plus large, et atteindra plus rapidement sa limite, du fait de l'implantation de firmes puissantes, dont la production est orientée vers des draperies classiques destinées à de vastes marchés.

Au contraire, les régions Centre et plus encore la région Midi sont restées plus longtemps en marge de la diffusion des machines sans navette, cette dernière en raison d'une structure de firme très dispersée et d'une spécialisation dans des articles de nouveauté en laine cardée produits en

courtes séries, qui maintenaient l'emploi de métiers ordinaires ; mais l'adaptation croissante des machines sans navette à des fabrications diversifiées modifie cette situation et il est probable que, dans l'avenir, la substitution au profit des équipements modernes va s'accroître dans ces régions.

#### **b) Tissage de coton**

278 machines sans navette étaient installées dans cette industrie en 1959 (statistiques du Syndicat de l'Industrie Cotonnière) ; 1 532 le sont en 1969 assurant environ 6 % de la production de tissus par cette industrie.

En 1975, le parc de machines sans navette serait de l'ordre de 3 200 machines pour un parc total de 44 000 unités. Cette croissance correspond à un rythme légèrement ralenti par rapport à celui de la période récente, en raison des difficultés qu'éprouverait la branche à financer ces équipements nouveaux ; la capacité productive du parc de machines sans navette serait alors d'environ 15 %. Étant donné les mutations de structures que nous avons évoquées plus haut, les difficultés de financement pourraient s'atténuer à long terme et la croissance du parc de machines sans navette s'accroître ; cependant, la stabilité de la production imposerait rapidement un frein à cette croissance, l'inflexion se situerait autour des années 1980.

En 1985, le parc pourrait être de 11 500 machines sans navette environ (le parc total serait alors de 21 000 unités dont 1 000 métiers ordinaires et 8 500 métiers automatiques) ; ainsi, 75 % des fabrications seraient produites sur ce nouveau matériel, un peu plus de 20 % le seraient sur des métiers automatiques et les métiers ordinaires n'interviendraient pratiquement plus dans les fabrications. Remarquons qu'en 1985, le taux de diffusion de la machine sans navette dans l'industrie cotonnière serait moindre que dans l'industrie lainière dès 1975.

Cette diffusion a été envisagée avec les hypothèses suivantes :

— Hypothèse de production : la production de tissus par l'industrie cotonnière a été calculée à partir de l'hypothèse de production de filés par cette même industrie que nous avons retenue (cf. fiche turbine, filature de coton) ; ce qui nous permet d'envisager une production de tissus de 185 000 tonnes en 1975 et 180 000 tonnes en 1985 (— 10 % durant la période 1970-1985).

— Hypothèse de productivité : l'extrapolation des tendances passées et leur projection en 1985 nous conduisent à envisager un accroissement de la production annuelle par métiers automatiques de l'ordre de + 2,5 % par an (soit une production annuelle par métier égale à 4,80 tonnes en 1975 contre 3,20 tonnes en 1970). Les rapports de rendement sont égaux actuellement à 0,66, 1, 1,66 respectivement pour les métiers ordinaires, les métiers automatiques et les machines sans navette ; ce rapport devrait atteindre 2 en 1985 pour ces dernières (on ne rencontre pas dans le tissage de coton de contraintes de production aussi pesantes que dans l'industrie lainière).

— Hypothèse d'utilisation du parc : l'utilisation des machines sans navette en triple équipe est un impératif ; l'extrapolation des tendances passées nous conduit à retenir, pour 1985, un coefficient d'utilisation de 2,8 pour le parc de métiers automatiques contre 3 pour les machines sans navette.

Nous connaissons par les statistiques professionnelles la structure régionale du parc de métiers à tisser selon le type de métiers, mais il n'est fait aucune distinction dans les statistiques régionales, entre métiers automatiques et machines à tisser sans navette ; il ne nous est donc pas possible de suivre exactement dans le passé la diffusion régionale de ces machines (cf. tableau suivant).

**TISSAGE DE COTON**  
Structure régionale de l'équipement

en % du total régional

	France entière	Nord	Haute- Normandie	Pays de la Loire	Picardie	Lorraine	Alsace	Franche- Comté	Rhône- Alpes	Autres
<b>1965</b>										
Métiers ordinaires .....	28,9	29,7	7,4	45,7	23,4	30,7	14,6	22,5	51,3	37,7
Métiers automatiques ....	71,1	70,3	92,6	54,3	76,6	69,3	85,4	77,5	48,7	62,3
<b>1969</b>										
Métiers ordinaires .....	18,8	19,6	5,7	36,2	6,2	20,0	3,7	8,2	50,5	27,0
Métiers automatiques ....	81,2	80,4	94,3	63,8	93,8	80,0	96,3	91,8	49,5	73,0

Source : ESIC.

De la structure régionale actuelle de l'équipement, nous pouvons tirer deux indications : la diffusion de ce matériel nouveau a toute chance de bénéficier par priorité aux régions dont le poids au sein de la branche tissage est important, telles la Lorraine, le Nord et l'Alsace ; les régions où la diffusion du métier automatique est la plus large, signe d'une meilleure rentabilité, pourraient également profiter de cette nouvelle technique ; ainsi en irait-il de la Haute-Normandie et de la Picardie.

### **c) Tissage de soieries**

En 1970, sur un parc total de 27 000 métiers (dont 4 000 métiers à domicile), 500 sont des machines sans navette, soit 5 % environ de la capacité productrice.

Jusqu'en 1975 nous envisageons une croissance du parc des machines sans navette à un rythme à peine inférieur à celui des années récentes, le parc serait alors de l'ordre de 2 500 machines (pour un parc total de 24 000 métiers) ; il assurerait 25 % de la production. Cette croissance se poursuivrait durant la période 1975-1985 avec un ralentissement que limiterait cependant la croissance de la production.

Dans l'hypothèse où la diffusion de la machine sans navette ne serait pas freinée par des problèmes financiers, le parc total en 1985 pourrait être de 16 000 unités, dont 8 300 machines sans navette, 5 700 métiers automatiques, 2 000 métiers ordinaires ; 70 % de la production seraient assurés par des machines sans navette.

En raison des craintes exprimées par les milieux professionnels, nous avons retenu une deuxième diffusion, dans l'hypothèse où la branche devrait faire face à des difficultés de financement : les machines sans navette n'assureraient, dans ce cas, que 60 % environ de la production en 1985 ; le parc de métiers serait un peu plus important et comprendrait alors 9 000 métiers automatiques en compensation d'un moindre nombre de machines sans navette.

La diffusion décrite ci-dessus s'inscrit dans le cadre des hypothèses suivantes :

— Hypothèse de production : nous avons envisagé une croissance régulière d'ici à 1985 à un taux de 3 % par an, la production des tissus de soieries chaîne et trame se situant alors aux environs de 70 000 tonnes. La concurrence internationale est vivement ressentie par la branche, mais il est très délicat de définir, au travers de la nomenclature douanière, par quels produits elle s'exerce ; aussi, est-il impossible de faire la balance précise du commerce extérieur de la branche, les importations concurrentes n'étant pas connues avec certitude.

— Hypothèse de productivité et d'utilisation du parc : l'information statistique insuffisante a gêné notre approche ; nous sommes partis de données complètes fournies par les milieux professionnels concernant 1970 et nous avons procédé par estimation, en considérant les tendances générales qu'il est possible de dégager pour les diverses branches du secteur textile. Ces imprécisions peuvent rendre aléatoires une donnée ponctuelle, mais elles ne devraient pas altérer la tendance.

Une seule région est ici concernée : la région Rhône-Alpes, puisque 95 % de l'activité y est concentrée. Les effets de la diffusion des machines sans navette influenceront sur la structure de la région elle-même.

Des zones telles que le Bas-Dauphiné, l'Ardèche où l'activité de tissage de soieries est le fait de petits industriels ou d'artisans travaillant à façon risquent de voir décliner cette activité, car ces industriels ne pourront acquérir que difficilement ce matériel nouveau.

### 3 - LES CONSEQUENCES SUR LA MAIN-D'ŒUVRE

L'emploi est pour partie lié à l'industrie du capital dans l'industrie. Là aussi, une distinction par branche s'impose pour l'analyse.

#### a) Tissage de laine

Compte tenu de la diffusion actuelle de la machine sans navette dans le tissage de laine, il serait possible de mesurer directement l'incidence sur la main-d'œuvre de l'introduction dans l'industrie de ce matériel ; malheureusement, nous ne disposons pas de statistiques isolant les machines sans navette dans l'équipement pour parvenir à une telle analyse. Mais de 1960, date de la première diffusion dans l'industrie lainière de la machine sans navette, à 1969, les effectifs ouvriers des tissages de laine ont diminué de 46,2 % (— 6,5 % par an) alors que la production n'avait diminué pendant la même période que de 3,0 % environ. Les situations régionales sont très diverses, comme nous l'indique le tableau ci-après.

Bien que cette diminution des effectifs ouvriers ait des causes diverses, il paraît légitime de l'attribuer pour une large part à la diffusion de la machine sans navette. La région du Nord, notamment, présente les plus forts progrès de productivité de la main-d'œuvre.

La diffusion de la machine sans navette pourrait avoir contribué également à la concentration régionale de la production au détriment de régions telles la région 2 « Normandie-Bretagne » dont les effectifs ouvriers ont diminué des trois quarts, la région 3 « Reims » et la région 7 « Alsace » dont les effectifs ouvriers enregistrent une perte égale : — 32,7 % et — 46,6 % respectivement.

La croissance du parc des machines sans navette va s'infléchir très rapidement d'ici à 1975. En raison des difficultés d'appréhension statistique, nous ne pouvons pas proposer une prévision rigoureuse, il semble que l'on puisse envisager malgré tout une réduction des effectifs ouvriers de l'ordre de 25 % entre 1970 et 1975 (— 5,5 % par an). Au-delà, la diffusion des machines sans navette aura pratiquement épuisé ses effets (90 % des capacités productives en 1985, contre 85 % en 1975) et la réduction d'emploi s'en trouvera ralentie. Pour l'ensemble de la période 1970-1985 les effectifs, compte tenu de la réduction de la durée du travail, pourraient diminuer de 35 % (— 3 % par an).

Régionalement, les situations actuelles ne devraient pas être remises en cause ; peut-être les contrastes seront-ils encore accentués, dans la mesure où tendront à disparaître certaines localisations (régions 1 bis, 2 et 3).

#### b) Tissage de coton

Les machines sans navette présentent par rapport aux métiers à tisser l'avantage de supprimer les opérations de canetage et permettent à un même tisserand de conduire un plus grand nombre de métiers ; en raison de la meilleure qualité du produit, une réduction des opérations de contrôle et de finition est également possible ; ainsi serait permise une économie de main-d'œuvre proche de 10 % sur l'ensemble des opérations de tissage pour une production donnée.

Cette réduction de main-d'œuvre à base technique, ajoutée aux évolutions propres à l'industrie cotonnière, entraînerait une diminution des effectifs de l'ordre de 45 % (— 4 % par an).

Nos prévisions de l'évolution probable des effectifs ouvriers dans le tissage de coton tiennent compte des hypothèses de production de tissus que nous avons retenues précédemment, ainsi que du taux de diffusion des machines que nous avons alors calculé. Les calculs sont basés sur l'extrapolation de la tendance à la baisse de la durée du travail et sur la projection

## TISSAGE DE LAINE

Répartition régionale des effectifs ouvriers et de la production

	Région Nord	Région 1 Paris	Région 1 bis Ardennes	Région 2 Normandie Bretagne	Région 3 Reims	Région 4 Centre	Région 5 Sud-Est	Région 6 Midi	Région 7 Alsace	France entière
<b>1960</b>										
Effectifs (en nombre) ..	10 097	2 149	740	1 598	263	1 257	2 156	2 813	2 037	23 110
Production (en tonnes) ..	21 900	6 846	1 376	2 341	1 140	8 274	12 721	10 551	2 643	67 792
<b>1969</b>										
Effectifs (en nombre) ..	5 439	1 118	380	396	177	854	1 084	1 903	1 087	12 438
Production (en tonnes) ..	23 058	7 302	1 025	1 084	696	8 933	11 352	10 258	2 103	65 811
Variation 1960/1969 (en %)										
Effectifs .....	- 46,1	- 48,0	- 48,6	- 75,2	- 32,7	- 32,1	- 49,1	- 32,7	- 46,6	- 46,2
Production .....	+ 5,3	+ 6,6	- 25,5	- 53,8	- 38,9	+ 8,0	- 10,8	- 2,8	- 20,4	- 2,9
Source : Syndicat de la Laine.										



## TISSAGE DE COTON

Importance des effectifs ouvriers dans l'emploi régional, en 1967

en nombre

	France entière	Nord	Haute- Normandie	Pays de la Loire	Picardie	Lorraine	Alsace	Franche- Comté	Rhône- Alpes
Tissage de coton .....	40 490	12 688	2 739	1 021	1 434	10 407	4 993	2 305	3 431
Ensemble des emplois industriels ....	2 233 000	318 000	75 200	83 300	91 600	186 700	75 000	87 200	291 700
Part du tissage dans l'emploi industriel régional (en %) .....	1,8	4,0	3,6	1,2	1,6	5,6	6,7	2,6	1,2

Source : Ministère de l'Industrie.

de l'évolution passée du rendement par heure ouvrée (la production par heure ouvrée sur métiers automatiques est égale à 3,2 kg en 1970, elle serait de l'ordre de 4,8 kg en 1985, compte tenu des rapports de rendement la production par heure ouvrée sur machines sans navette serait de 5,3 kg en 1970 et 9,6 kg en 1985).

Les incidences régionales de ces diminutions de main-d'œuvre seront particulièrement sensibles dans les régions où est employée une forte proportion des effectifs de la branche : Nord, Lorraine, Alsace ; mais la croissance probable de la production régionale qu'entraînera la concentration de la production freinera légèrement cette régression. On verra dans le tableau ci-après, l'influence possible de cette évolution sur l'emploi industriel de la région en fonction de la part représentée par les activités textiles.

### **c) Tissage de soieries**

En 1970, le tissage de soieries comptait environ 14 000 ouvriers en usine (plus de 5 000 artisans). Compte tenu de la tendance à la réduction de la durée du travail (nous avons repris les tendances du tissage de coton — 0,6 % par an, faute d'informations rétrospectives sur la soierie), il semble possible d'envisager une réduction des effectifs ouvriers entre 1970 et 1985 de l'ordre de 40 % (— 3 % par an) dans l'hypothèse où 60 % de la production serait assurée par les machines sans navette ; et une diminution un peu supérieure (— 3,5 % par an) si le taux de diffusion n'était pas freiné par des problèmes financiers et atteignait 70 % en 1985.

Cette réduction d'emploi affecterait de façon très variable la région Rhône-Alpes ; d'une façon générale, ses effets seraient atténués du fait de l'importance des emplois industriels dans la région ; des problèmes aigus ne sont pas à exclure dans des zones d'économie rurale (Ardèche, Drôme, Isère).

## **D) Conclusion**

Par rapport aux métiers à tisser classiques, la machine sans navette présente l'avantage de rendements une fois et demie à deux fois supérieurs, avec une plus grande flexibilité dans l'utilisation.

En 1985, elle aura atteint une diffusion maximale dans l'industrie lainière, assurant 90 % des fabrications, alors qu'elle représentera seulement 60 à 75 % des fabrications des tissages de soieries et de coton. Pour ces derniers secteurs, dès cette époque, le métier à tisser à foule ondulante commencera à concurrencer la machine sans navette pour les fabrications courantes.

A ce moment, également, apparaîtront dans l'industrie les premiers métiers à commande-contrôle, dont la diffusion deviendra notable vers 1990-2000. Leur introduction se fera dans un cadre industriel fortement changé, où les firmes se seront concentrées dans le cadre de groupes aux activités diversifiées, réunissant des usines spécialisées, et la distinction actuelle des tissages selon la matière principale employée n'existera plus ; la généralisation de l'emploi des fibres synthétiques (pures ou en mélange avec les fibres naturelles) et la concurrence faite à l'ensemble des tissages par la croissance du tissu en maille sur le marché contribueront à l'unité des structures de fabrication en aval des industries textiles.

Il paraît légitime d'envisager dès 1985 une certaine concentration de l'activité de tissage, concentration au niveau des firmes et des régions, accentuant les disparités régionales actuelles (cf. tableau).

STRUCTURE REGIONALE DES EFFECTIFS OUVRIERS (1) DANS LES TISSAGES

en nombre

	1965				1969			
	Tissage de laine	Tissage de coton	Tissage de soieries	Total	Tissage de laine	Tissage de coton	Tissage de soieries	Total
Nord .....	8 400	11 200	—	19 600	5 440	11 700	—	17 140
Rhône-Alpes .....	1 800	4 500	20 000 (2)	26 300	1 080	2 860	13 500 (2)	17 440
Lorraine .....		11 000	—			9 270	—	
Alsace .....	1 400	5 900	—	21 100	1 090	3 860	—	16 700
Franche-Comté .....		2 800	—			2 480	—	
Champagne .....	800	—	—	800	560	—	—	560
Picardie .....	1 700	1 400	—	3 100	1 120	1 190	—	2 310
Région parisienne .....		—	—			—	—	
Haute-Normandie .....	1 000	3 000	—	5 100	400	2 370	—	3 600
Pays de la Loire .....		1 100	—			830	—	
Midi-Pyrénées .....	2 400	—	—	2 400	1 900	—	—	1 900
Autres régions .....	...	...	...	...	...	...	...	...
France entière .....	18 500	45 500	21 800 (2)	94 800	12 450	35 850	14 700 (2)	63 000

(1) En usine.

(2) Non compris ouvriers-artisans : 6 500 en 1965 et 5 500 en 1969 (estimation).

Source : Syndicats professionnels.

Le Nord paraît la région la mieux placée pour bénéficier à plein de ces effets puisqu'elle occupe une position dominante, aussi bien dans le tissage de coton que dans le tissage de laine ; en retrait, se situeraient les régions Lorraine et Alsace, leur position dans le tissage de laine étant plus modeste.

A l'opposé, les petites régions, par exemple les Pays de la Loire, verraient leur contribution à la production nationale se réduire et s'accroître les pertes d'emploi, du fait de leur situation marginale, aussi bien dans l'industrie lainière que dans l'industrie cotonnière.

Entre ces deux extrêmes, deux régions occupent des situations particulières :

— la région Rhône-Alpes, où l'industrie cotonnière et lainière sont peu représentées, mais qui regroupe la quasi-totalité des tissages de soieries ;

— la région Midi-Pyrénées, où existe une activité très importante de tissage de laine qui constitue une des bases du réseau industriel régional, mais où les autres activités du tissage sont absentes.

Pour ces régions, la spécialisation de la production dans des fabrications spécifiques à valeur ajoutée plus importante, où l'utilisation de matériels textiles plus classiques reste nécessaire, peut constituer un choix efficace dont se serviraient certaines firmes de taille moyenne, pour lutter à long terme contre la concurrence des entreprises les plus modernes.

## **6 - LE TRICOTAGE SUR METIERS A COMMANDE ELECTRONIQUE**

L'industrie de la bonneterie se distingue des tissages par la production de tissus et d'articles en maille, formés de fils repliés en boucles, par opposition aux tissus tissés où les fils sont entrecroisés perpendiculairement (chaîne et trame).

L'innovation qu'est le métier à tricoter Jacquard, à commande électronique, pour le tricotage d'étoffe au mètre, donnera à la production des tissus maille la variété dont elle manquait jusqu'ici, outre une grande vitesse dans les changements de fabrication.

Cette technique va intéresser simultanément l'industrie de la bonneterie et les tissages qui sont devenus concurrents pour la fabrication des tissus maille, destinés à la confection. Elle s'implantera de façon diffuse dans diverses régions, dont elle contribuera à modifier la structure industrielle.

Ultérieurement, les mêmes métiers à tricoter seront dotés de la commande-contrôle, qui s'applique aux dispositifs de marche. La commande-contrôle en tricotage a pour intérêt de préfigurer une évolution qui touchera plus tard les métiers à tisser.

### **A) Présentation de l'Innovation**

La commande électronique du métier à tricoter ne s'applique actuellement qu'à un type d'équipement : les métiers circulaires de grand diamètre, qui produisent du tricot au mètre.

#### **1 - LE DOMAINE D'APPLICATION**

Les métiers circulaires de grand diamètre, dans leur forme traditionnelle à commande mécanique, sont les matériels de base de l'industrie de la bonneterie, en nombre et par le rendement unitaire (1). Ils sont relativement spécialisés, selon la jauge (finesse des aiguilles et du tricot) et l'armure. Ils servent à produire des tissus transformés dans le cadre de l'industrie de la bonneterie en articles coupés-cousus : sous-vêtements et survêtements essentiellement (par exemple pull-over).

---

(1) Le mouvement circulaire et le grand diamètre permettent de placer un grand nombre d'organes de tricotage (appelés chutes).

Récemment ces métiers ont été utilisés pour fabriquer des tissus maille qui sont vendus aux confectionneurs pour la fabrication de vêtements. C'est dans ce dernier domaine de fabrication que le métier à commande électronique trouve son application.

L'intérêt du métier est de permettre la réalisation rapide de dessins de grande dimension jusqu'à quatre couleurs (Jacquard), ce qui constitue un débouché intéressant dans le cadre d'un marché orienté par la mode.

## **2 - LES POSSIBILITES TECHNIQUES**

Ce métier se caractérise par la sélection électro-mécanique des aiguilles à tricoter. La commande s'effectue à partir d'un film magnétique ou optique, ou directement à partir d'un ordinateur, par action sur des électro-aimants qui sélectionnent chaque aiguille (au 2/1 000 de seconde). Le changement de production peut s'effectuer en quelques minutes par remplacement du film de commande du métier.

La préparation de l'armure tend à être automatique. La grille d'armure, établie encore manuellement à partir du dessin du modeliste, est transcrite automatiquement en film sur une unité de traitement indépendante, qui peut distribuer plusieurs métiers à tricoter.

### **B) Recherche et développement**

Les métiers de ce type mis au point sont encore peu nombreux. Ils commenceront à être introduits dans l'industrie au cours de la période 1970-1975. Ensuite, l'offre s'élargissant en quantité et possibilités, la diffusion industrielle de ces métiers se développera rapidement, surtout à partir de 1980.

Les métiers actuels ne présentent en effet qu'une première étape de l'introduction de la commande électronique dans le tricotage :

— à la sélection électronique des aiguilles serait associé dans l'avenir un système électronique permettant de transposer directement le dessin du modéliste sur le métier, sans film intermédiaire ;

— la commande électronique du métier serait développée jusqu'au stade de la « commande contrôle », c'est-à-dire le contrôle de marche du métier en temps réel (nombre de tours, longueur de fil absorbé, qualité du tricot produit, temps de marche). Les premiers prototypes de ces métiers pourraient apparaître avant 1975.

L'ensemble de ces progrès aboutiront à un renouvellement de la technique du tricotage.

La commande-contrôle sera plus tardivement introduite dans le tissage. Dans ce domaine, il ne semble pas que les premiers prototypes de métiers à tisser électronique apparaissent avant 1980.

## STRUCTURE ET EVOLUTION REGIONALE DU CHIFFRE D'AFFAIRES

	Millions de francs		Variation 1968/1962 en %	% en 1968
	1962	1968		
<b>1 - Grands centres :</b>				
Champagne .....	707	1 030	+ 46	21,4
Rhône-Alpes .....	490	746	+ 52	15,5
Région parisienne .....	373	650	+ 74	13,5
Nord .....	378	644	+ 70	13,4
<b>2 - Régions de développement</b>				
Bourgogne .....	129	311	+ 141	6,5
Lorraine .....	72	221	+ 207	4,6
Pays de la Loire .....	20	58	+ 190	1,2
Bretagne .....	13	43	+ 231	0,9
Haute-Normandie .....	21	42	+ 100	0,8
Basse-Normandie .....	3	18	+ 500	0,4
<b>3 - Autres régions .....</b>	<b>746</b>	<b>1 047</b>	<b>+ 40</b>	<b>21,8</b>
France entière .....	2 952	4 810	+ 63	100

Source : Fédération Française de l'Industrie de la Maille et de la Bonneterie.

### C) Les aspects régionaux du développement du tricotage électronique

#### 1 - LA LOCALISATION DES ACTIVITES

L'essentiel de la bonneterie se trouve localisé dans quatre régions : Champagne, Rhône-Alpes, Région parisienne et Nord, qui représentent, en 1968, 64 % du chiffre d'affaires global de la branche.

La tendance récente est à une dissémination plus grande de l'activité selon un axe est-ouest par rapport à la Champagne, en raison de la raréfaction de la main-d'œuvre dans les grands centres, comme il ressort du tableau ci-contre ; également à la création d'ateliers en zone semi-rurale autour des grands centres.

Les grandes usines apparaissent localisées essentiellement en Champagne, qui est le centre historique de la bonneterie, dans le Nord et la Picardie, la région Rhône-Alpes et, pour une moindre proportion, dans l'Est, ainsi qu'il ressort des enquêtes de l'INSEE sur les établissements industriels (cf. tableau suivant).

Les métiers à commande électronique vont trouver les conditions d'implantation les plus favorables dans ces régions, où les firmes importantes sont en mesure d'amortir l'équipement et disposent des structures commerciales leur permettant d'exploiter au mieux la versatilité de cet équipement, qui est en outre très productif.

Par ailleurs, les tisseurs dans toutes les régions s'équipent actuellement de métiers circulaires conventionnels, en constatant l'expansion en cours du marché du tissu maille qui crée une concurrence à leurs propres fabrications. Il est probable que les régions ayant des firmes de grande dimension seront les plus aptes à investir, le moment venu, dans les métiers électroniques.

L'introduction de ces métiers devrait donc renforcer l'importance relative des grands centres textiles, en particulier la Champagne et le Nord, dans une moindre mesure la région Rhône-Alpes et l'Est. Notons qu'actuellement la production de tissus maille touche environ une centaine de firmes ; elle tend à se disperser avec la création de nouvelles unités dans diverses industries, liées à l'expansion du marché.

## LOCALISATION DES ETABLISSEMENTS INDUSTRIELS DE BONNETERIE

Année 1966

	Etablissements de plus de 1 000 salariés	Etablissements de 200 à 999 salariés	Nombre total d'établissements	Effectif salarié total
Champagne .....	4	27	336	23 000
Nord .....	1	16	330	14 000
Rhône-Alpes .....	—	13	547	13 500
Picardie .....	—	8	82	5 600
Bourgogne .....	—	7	88	4 900
Lorraine .....	—	6	79	4 800
Aquitaine .....	—	6	139	3 900
Région parisienne .	—	6	1 405	11 200
Pays de la Loire .	—	5	134	3 500
Autres régions ....	—	moins de 5 par région	1 054	22 000
France entière .	5	112	4 194	106 400

Source : INSEE, les établissements industriels et commerciaux.

## 2 - LES CONSEQUENCES SUR L'EMPLOI

Les statistiques d'emploi de l'industrie de la bonneterie ne distinguent pas les effectifs employés par type de production, étant donné l'activité polyvalente des firmes, encore moins leur répartition dans les différentes opérations : tricotage, confection et ennoblissement.

Mais la répartition du chiffre d'affaires, qui dépend dans une large mesure des salaires incorporés dans les coûts, donc de l'emploi, montre l'importance des opérations de confection dans le secteur. En 1968, les articles coupés-cousus (sous-vêtements, survêtements (1), vêtements, layette et maillots de bain) représentaient de l'ordre de 60 % du chiffre d'affaires de la branche ; la production de tricot au mètre pour la vente 15 % ; le solde concernant les articles tricotés en forme sur les métiers (articles chaussants et survêtements (1) fully-fashionned).

(1) Articles type pull-over.



### **a) Conséquences directes sur le tricotage**

En général, le tricotage représente une faible part des coûts de main-d'œuvre dans la bonneterie.

Pour la fabrication de vêtements, l'analyse d'un processus de fabrication dans une usine montre que l'emploi se situe dans la proportion de 1 à 10 dans le tricotage, par rapport aux opérations de confection et d'apprêt qui suivent.

Ainsi, les métiers électroniques seront introduits dans un stade de fabrication à effectifs limités. En 1968, à titre indicatif, en considérant la structure des fabrications et la répartition de la main-d'œuvre (1), ils concerneraient moins de 20 000 ouvriers répartis dans plusieurs régions sur un effectif de 77 000 ouvriers et de 95 000 personnes employées au total dans la branche.

En outre, le métier à sélection électronique des aiguilles n'entraîne pas de changements dans l'emploi, le personnel assurant l'alimentation et la surveillance des métiers étant maintenu, sauf la nécessité d'augmenter la qualification du personnel d'encadrement.

A plus long terme, au contraire, il est probable que le métier à commande-contrôle réduira la main-d'œuvre directe. Mais cette dernière évolution doit être reportée après 1985.

Dans l'intervalle, la croissance de la production du tissu-maille destiné à la vente, qui semble avoir été de 15 % par an sur la période 1962 à 1970 avec une forte accélération en 1969 et 1970 (selon les statistiques de la bonneterie, les productions chez les tisseurs n'étant pas encore recensées), entraînera une légère augmentation des effectifs employés dans la bonneterie. Les progrès de productivité et le ralentissement du rythme de croissance des tissus maille, d'ici à 1985, suggèrent, en effet, que la progression des effectifs pour le tricotage des tissus n'excéderait pas 5 % par an, soit moins de 1 % au niveau de la branche.

L'augmentation d'emploi se produira également dans les régions où des entreprises de tissage auront investi dans ces fabrications, mais en proportion elle compensera difficilement les autres facteurs de régression des effectifs textiles.

### **b) Conséquences indirectes sur la confection**

Le métier à sélection électronique des aiguilles permet une grande diversité des productions de tissus. Il pourra donc constituer un support au développement de la fabrication de vêtements coupés-cousus dans l'industrie de la bonneterie.

Cependant, la variété du marché de l'habillement imposera plutôt une spécialisation des entreprises fabriquant des tissus tricotés, qui auront pour clients d'autres entreprises de bonneterie s'étant elles-mêmes spécialisées dans le vêtement, et des entreprises de confection proprement dite. Ces firmes auront pour concurrents des tisseurs qui auront investi en métiers à tricoter.

Les conséquences indirectes sur l'emploi régional, par le développement des activités de confection, dépendront finalement de la structure que prendra à long terme l'industrie de la bonneterie, qui tendra probablement à se spécialiser selon les marchés alors qu'aujourd'hui beaucoup de firmes ont des activités polyvalentes, et des structures locales de l'industrie de la confection.

(1) Ce chiffre d'affaires, en 1968, se répartissait pour 15 % en tissus maille et 60 % en articles coupés-cousus, où le tricotage représenterait 1/10<sup>e</sup> des temps de main-d'œuvre. En outre, une certaine partie des tissus sont fabriqués sur métiers-chaîne (notamment les tissus indemallables pour lingerie), donc ne concernent pas le tricotage sur métier circulaire grand diamètre.

Les régions qui présentent un complexe important d'activités textiles et de confection, en particulier le Bassin parisien (bonneterie + confection), le Nord et Rhône-Alpes (tissages + bonneterie + confection) pourraient être les plus favorisées dans cette évolution, par complémentarité des activités des firmes régionales.

## **D) Conclusion**

Le tricotage électronique s'appliquera essentiellement aux métiers circulaires produisant des tissus en maille, qui constituent actuellement une part minoritaire des activités de bonneterie, où s'effectue beaucoup de confection.

Mais cette innovation a pour intérêt une grande souplesse de fabrication des tissus maille. Elle concernera donc, directement ou indirectement, l'ensemble de la filière industrielle en aval (bonneterie, tissage, confection) en permettant d'augmenter les productions par une meilleure exploitation du potentiel de consommation textile.

Les effets directs sur l'emploi seront, au contraire, négligeables. Mais elle aura pour conséquence d'influer sur l'importance relative des régions, en fonction de la localisation des grandes entreprises : celles-ci devraient être les premières intéressées à cet équipement qui est susceptible de concilier une production à l'échelle industrielle avec la variété des fabrications exigée par le marché.

## **7 - LE TRAITEMENT DES TEXTILES PAR SOLVANTS**

L'industrie textile met en œuvre des procédés de traitement qui requièrent une importante consommation d'eau, particulièrement pour les premières opérations de préparation de la laine (délainage des peaux, dégraissage et désuintage de la laine brute) et pour l'ennoblissement des produits textiles à tous les stades de processus de fabrication : dégraissage et blanchiment des matières et des tissus, teinture, impression, apprêts.

Les nécessités actuelles de protection de l'environnement, notamment contre les effluents industriels, apportent un intérêt particulier aux techniques nouvelles qui consistent à substituer des solvants à l'eau. Ces techniques seront applicables à un certain nombre des opérations actuellement polluantes.

Mais l'utilisation de ces procédés par l'industrie sera différée en raison du temps nécessaire à la mise au point de la technique et des équipements et de la possibilité de recourir à des solutions intermédiaires et moins coûteuses, qui réduisent la consommation et la pollution de l'eau.

### **A) Présentation de l'innovation**

Les procédés consistent à substituer à l'eau des solvants, qui sont employés en faible quantité et recyclés en circuit fermé, comme agent et support dans les opérations suivantes :

- dégraissage et désuintage de la laine brute ;
- dégraissage et blanchiment de divers tissus (chaîne et trame, maille) ;
- teinture en pièces pour un certain nombre de cas ;
- apprêts des tissus.

Des extensions sont envisageables dans l'avenir de la technique des solvants à d'autres opérations.

Mais déjà les procédés admis ne sont aujourd'hui qu'expérimentaux, ou très peu développés encore au stade industriel.

### **1 - LES SOLVANTS**

Les solvants sont des substances organiques liquides, dont il existe une grande variété. Dans les industries textiles, les procédés montrent actuellement l'emploi de deux types de solvants :

- les solvants inflammables, tels le White Spirit et l'hexane, pour le lavage de la laine brute ; mais les firmes pétrolières proposent, dès à présent, des solvants moins dangereux ;

— pour les opérations d'ennoblissement des tissus, les solvants chlorés, appelés encore hydrocarbures halogénés (1), qui ont les propriétés d'être ininflammables, peu toxiques, non polluants (étant faiblement solubles dans l'eau) et de récupération facile par injection de vapeur sur le textile, condensation de l'eau et séparation du solvant.

Des travaux récents ont montré l'intérêt particulier du trichloréthylène parmi ceux-ci, en raison de ses capacités de dissoudre rapidement les huiles, graisses et cires et de mouiller très rapidement les tissus, du fait de ses faibles tension superficielle et viscosité.

## 2 - LES EQUIPEMENTS

Les équipements sont de conception nouvelle, conçus pour traiter les textiles en circuit fermé selon un processus précis et rapide. Ils doivent être, en outre, étanches pour des raisons de sécurité et de rentabilité, les pertes de solvants ne devant pas dépasser 5 %, et résistants aux corrosions chimiques.

Il est donc exclu que des équipements traditionnels de l'industrie textile puissent être utilisés, ou même reconvertis. Aussi, le passage à cette technique supposerait-il pour l'industrie textile l'abandon des matériels et installations qu'elle amortit actuellement et des investissements dans des ensembles complètement nouveaux et coûteux.

Il n'est donc pas sans intérêt d'apporter des précisions sur les procédés et les équipements correspondants, qui sont pour la plupart récents (année 1967), et encore peu connus. Les nouveaux équipements furent présentés lors de l'exposition internationale de matériels textiles (ITMA), à Paris, en juin 1971.

## 3 - LES PROCÉDES

### a) Lavage de la laine brute

Pour le lavage de la laine brute, on distingue notamment le procédé CSIRO (Australian Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization) industrialisé en 1960, et le procédé belge SOVER, réalisé en 1967-1968, qui est considéré comme le procédé le plus moderne de des-suintage et dégraissage de la laine brute. La laine brute renferme en effet 20 à 35 % de son poids de suint dans les laines ordinaires, 75 % dans les laines extra-fines, d'autre part 0 à 25 % de matières terreuses et autres impuretés.

— Procédé CSIRO : la laine est d'abord dégraissée par un jet de White Spirit sous faible pression, puis débarrassée du suint et du solvant résiduel par des jets d'eau sous pression.

— Procédé SOVER : la laine disposée sur une bande transporteuse est d'abord arrosée d'un mélange eau-alcool isopropylique qui dissout le suint, puis d'hexane qui dissout les graisses ; les deux liquides sont séparés automatiquement dans un décanteur, recyclés, tandis que les produits résiduel sont récupérés (lanoline, poudre de suint (2), engrais). Le temps de traitement de la laine est de deux minutes.

(1) Solvants chlorés les plus utilisés dans l'industrie textile :

- chlorure de méthylène,
- 1,1,1-trichloréthane,
- trichloréthylène,
- perchloréthylène,
- 1,1,1 trichloro - 2,2,2 trifluoro-éthane,
- 1,1,2 trichloro - 1,2,2 trifluoro-éthane.

(2) La composition du suint est très variable ; par exemple, 100 kilos de suint renferment :

- 93 kg de sels minéraux (85 kg de carbonate dipotassique, 8 kg de chlorure de potassium, sulfate dipotassique),
- 7 kg de matières organiques, insolubles.

## b) Ennoblement des tissus

Dans les opérations d'ennoblement des tissus en milieu solvant, on distingue les procédés de nettoyage et blanchiment des tissus qui sont les plus avancés, des procédés de teinture et des procédés d'apprêts.

### ● Nettoyage et blanchiment :

Le dégraissage et désencollage des tissus tombant du métier, suivis éventuellement d'un blanchiment, constituent l'opération préparatoire aux opérations d'ennoblement par teinture, impression ou apprêts.

Le processus par solvant a été étudié pour préparer les tissus de coton et les tissus de coton mélangés de fibres synthétiques (par exemple coton/polyester).

Si l'on considère la nécessité de cette étape dans l'ennoblement et que les fibres de coton représentent en France, en 1970, 40 % des quantités consommées et les fibres synthétiques 30 %, la tendance étant à long terme une substitution des synthétiques au coton par le développement des mélanges en filature notamment, les procédés de dégraissage par solvants apparaissent d'un grand intérêt et susceptibles d'une large application.

Plusieurs équipements sont dès à présent opérationnels, notamment :

— L'installation de lavage en solvant de ICI (division Mond), dont il existe une douzaine dans le monde, qui consiste à traiter les tissus de coton et de laine, purs et mélangés, à la continue dans du trichloréthylène chaud, en enceinte close ; les résidus de distillation du solvant pouvant être généralement brûlés. La vitesse de défilement du tissu peut atteindre 100 mètres/minute, le temps de lavage étant 10 secondes et 12 secondes le temps nécessaire à l'évaporation du solvant. Utilisée en préparation pour le désencollage et blanchiment, cette unité pourrait être adaptée à des opérations de finition.

— La machine Markal, également de ICI, commercialisée en 1970 sous trois versions, qui traite les textiles avec une solution d'agents tensio-actifs dans du trichloréthylène (Markal I) associé à des enzymes (Markal II) ou de l'eau oxygénée (Markal III). Le tissu est imprégné au foulard (cylindre) durant 30 secondes, passe dans une chambre de vaporisation où le solvant est éliminé, tandis que réagissent en milieu aqueux les enzymes ou l'eau oxygénée, est enfin rincé dans des bacs d'eau chaude et par jets d'eau froide. Le Markal I convient pour éliminer les cires des tissus de coton ou mélangés ; le Markal II effectue en outre le désencollage ; le Markal III effectue également un blanchiment suffisant pour teindre ensuite le tissu. Notons l'extension possible du procédé à d'autres tissus que les tissus de coton et coton/polyester, puisque le Markal II donne de bons résultats dans le traitement des tissus mélangés de laine peignée/polyester.

— La machine Matter et Platt, utilisée depuis 1967 dans l'industrie, pour enlever les cires dans les tissus de coton/polyester : le tissu est traité en circuit fermé, dans le temps de 40 secondes, dans du trichloréthylène, puis rincé dans un bain d'eau chaude. Ensuite, le tissu est blanchi dans une machine de traitement à l'eau oxygénée, appelée Vaporlog, en 3 minutes.

— Le Dry Cleaner Derby, commercialisé dès 1939 pour le lavage en continu des tissus de laine aux Etats-Unis, mais qui trouve une extension récente pour l'enlèvement des cires de paraffine des tissus, cires qu'il est facile d'appliquer sur les fils avant tissage mais qui s'élimineraient difficilement en milieu aqueux. C'est une machine de nettoyage à sec perfectionnée, employant du trichloréthylène, qui est exprimé entre deux cylindres, puis éliminé sur des tambours séchants.

Signalons, enfin, des recherches pour la construction de machines de dégraissage en milieu solvant, faites notamment en France par Pechiney-Saint-Gobain.

### ● Teinture :

La teinture en milieu solvant s'applique essentiellement aux tissus synthétiques, en raison des propriétés des fibres synthétiques de se gonfler dans les solvants (1) ; ces fibres gonflent mal au contraire en phase aqueuse où leur teinture requiert certaines adaptations des procédés classiques. La teinture en milieu solvant, qui évite des déformations mécaniques des articles (par gonflement des fibres) présente notamment de l'intérêt pour teindre des tissus à texture très serrée, des tissus lourds en polyester et acétate, des articles proportionnés en fils synthétiques texturés, propriété qui devrait aider au développement de cette technique.

Les fibres naturelles, au contraire, sont inertes aux solvants, mais gonflent à l'eau.

Aussi, cette technique de solvants n'est-elle pas d'une application générale, notamment aux fibres naturelles. Les procédés de teinture de la laine dits en milieu solvant, en fait, font très largement appel à l'eau (il y a 4 % de solvant dans le bain aqueux) ; des recherches de laboratoire seraient nécessaires sur les mécanismes de transfert des colorants sur la laine, en milieu solvant, et les colorants. Par ailleurs, la teinture du coton est très aisée et plus intéressante en milieu aqueux, en raison du fort gonflement de cette fibre dans l'eau.

La teinture en milieu solvant s'effectue avec du perchloréthylène en lots par épuisement, ou à la continue par foulardage (2), trempage ou pulvérisation. Dans les équipements déjà existants, citons :

— Les machines allemandes Böhler et Weber, dont les prototypes datent de 1967. La machine de traitement par lots (intéressante notamment pour les tricots) est munie d'un dispositif d'élimination du solvant par extraction ou centrifugation. La machine de traitement en continu se compose d'une cuve de lavage, d'un foulard, d'une section de séchage et de récupération du solvant.

Ces machines effectuent le dégraissage et le désensimage des textiles suivi de la teinture, avec cependant une limitation dans le nombre des colorants ; elles travaillent en circuit fermé. Le procédé en continu est moins avancé (problème de la fixation de la teinture et du lavage) que le traitement en lots.

— L'unité très récente de Dow Chemical réalise en circuit fermé la teinture aux solvants, en continu, au moyen d'une tête de vaporisation ; des études se poursuivent pour développer le procédé.

— Différentes installations sont, par ailleurs, à l'étude chez des constructeurs et dans des firmes chimiques.

En général, les firmes chimiques (Bayer, BASF, Farbwerke-Hoechst, Ciba-Geigy, ICI) ont fait des études sur les procédés et les colorants et, depuis un an, sortent de plus en plus de nouveaux colorants applicables en milieu solvant.

Le développement du procédé dépendra de l'élargissement de ses possibilités techniques, qui est lié aux recherches en cours à tous les niveaux.

### ● Apprêts

Les procédés d'apprêts en milieu solvant sont connus depuis longtemps et permettent d'obtenir de bons résultats pour conférer aux textiles des propriétés de stabilité dimensionnelle et anti-feutrage (laine), des propriétés hydrophobes, d'ignifugation, anti-taches et anti-mites, anti-statique et bactériostatique.

(1) Ce qui conditionne le pouvoir de pénétration des colorants.

(2) Les pièces traversent rapidement un bain contenant le colorant, puis sont exprimées par passage entre deux rouleaux, ce qui réalise un processus rapide avec une excellente pénétration et une répartition régulière du colorant. Mais l'opération suppose un très bon pouvoir d'absorption du textile.

Cependant, la rareté relative des apprêts applicables en milieu solvant (dans le trichloréthylène, perchloréthylène) par rapport aux apprêts prévus pour phase aqueuse, limite encore actuellement l'extension de la technique.

Des recherches sont en cours sur les apprêts et sur les machines, et de nombreux brevets sont déposés à ce sujet. L'intérêt d'une généralisation de ces procédés serait notamment la possibilité de réaliser des traitements automatiques en continu. Les traitements discontinus seuls en cours actuellement, se font dans des machines à tambour, en quelques minutes, après le dégraissage des tissus.

Parmi les apprêts les plus intéressants actuellement pour l'industrie, citons les apprêts anti-feutrant et de stabilisation dimensionnelle des tissus de laine (tissus légers et tissus de laine cardée). Le procédé par solvant a l'intérêt d'être effectué sur l'article fini, alors que les applications classiques de résines en milieu aqueux se font sur ruban de peigné ou filé de laine, et d'améliorer la qualité du produit.

Parmi les procédés commercialisés, citons le procédé de polycondensation interfaciale (commercialisé sous le nom de Wurban aux Etats-Unis et Bancora en Europe), et divers procédés d'application de résines : Du Pont de Nemours, Bayer, Geigy, notamment le procédé récent avec Zeset T (terpolymère), qui rend lavables les textiles faits de laine cardée.

## **B) Recherche et développement**

En conclusion à ces analyses, et considérant le problème que sous un aspect purement technique, on retiendra les points suivants :

- les solvants sont susceptibles d'être employés actuellement dans les industries textiles, en amont pour les opérations de lavage de la laine brute et, en aval, de dégraissage des tissus de coton et fibres synthétiques avant les opérations de teinture, impression et apprêts ;

Les opérations de dégraissage sont couramment pratiquées en processus discontinu, où elles réalisent un fort gain de temps.

Les recherches en cours visent à développer les procédés de dégraissage en continu, qui tendent à être combinées avec une opération subséquente de blanchiment ou de teinture (pour le traitement des tissus), qui accroît la complexité de l'équipement.

- Les procédés de teinture sont encore à l'étude et restreints en fonction des substances utilisables en milieu solvant et des fibres à traiter.

Dans l'ensemble, les équipements sont à mettre au point. Ils posent des problèmes de résistance à la corrosion (acier inoxydable) et d'étanchéité des joints, liés à l'emploi de substances diverses ajoutées aux colorants (acides, bases, gonflants) et aux conditions de traitement à haute température.

Les équipements de teinture en continu supposent également l'intégration des opérations finales de fixation du colorant et de lavage du tissu, qui restent à développer.

La teinture en phase solvant ne devrait donc être utilisée dans l'industrie que pour des opérations limitées, discontinues (par exemple : teinture de tricots), d'ici à 1975. L'extension du procédé n'est susceptible de se réaliser qu'à long terme, étant donné les recherches en cours.

● Les procédés d'apprêts représentent jusqu'ici les meilleurs débouchés trouvés à la technique des solvants. Ils se pratiquent essentiellement sur des machines classiques de nettoyage à sec (à tambour), c'est-à-dire en processus discontinu. Leur intérêt commercial est évident, qui suscite des recherches dans ce domaine.

Par conséquent, les résultats acquis actuellement ne correspondent qu'aux premières réalisations d'une recherche technique, qui se poursuit dans diverses directions.

On notera que les recherches intensives sur le traitement des textiles par solvants sont relativement récentes (après-guerre), bien que le principe ait été envisagé dès la fin du XIX<sup>e</sup> siècle. Ces travaux concernent en premier les grandes firmes chimiques, notamment ICI, Bayer, BASF, Ciba, Dow Chemical, Gillet Thaon, mais également des instituts et organismes de recherche dans différents pays ; elles s'associent à des recherches sur les colorants, les substances diverses et les équipements à employer en milieu solvant.

Les travaux ont abouti, dès à présent, à des procédés de traitement par solvant utilisables au stade industriel. Mais des recherches nombreuses restent à faire pour simplifier les premiers procédés et, en général, pour développer dans diverses directions les avantages que suggère cette nouvelle technique.

### **C) Les aspects régionaux du développement des traitements par solvants**

Les traitements par solvants vont avoir des conséquences directement ou indirectement sur l'ensemble des branches d'activité de la filière des industries textiles. L'industrie des TAS, dont les fibres synthétiques sont spécifiquement concernées par ces procédés ; l'industrie lainière pour le lavage de la laine brute ; enfin l'ensemble des industries textiles de transformation (filatures, tissages, bonneterie) dont les produits ne peuvent être commercialisés qu'après des opérations d'ennoblissement qui leur confèrent les propriétés d'aspect et d'usage indispensables.

L'industrie des teintures et apprêts est présente sur l'ensemble du territoire ; ses structures y sont diversifiées, en fonction des industries textiles locales.

Dans le cadre régional, les conditions de mise en œuvre des techniques par solvants varieront en fonction de facteurs spécifiques propres aux firmes comme à l'environnement.

Les techniques de traitement par solvants auront donc des effets au niveau de la plupart des régions textiles, mais principalement :

— dans le Nord, en raison de l'importance des industries du peignage et de la filature, qui réaliseraient 90 % du lavage de la laine en France ; également en raison du complexe industriel, qui a pour support une industrie d'ennoblissement qui groupe 28 % de l'effectif de l'industrie des teintures et apprêts, représente 38 % des tonnages qu'elle traite et 30 % de son chiffre d'affaires ;

— dans la région Est, d'Alsace et Lorraine, fortement spécialisée dans l'industrie cotonnière ; elle groupe 22 % de l'effectif de l'industrie des teintures et apprêts, représente 20 % des tonnages traités et 21 % du chiffre d'affaires ;



— dans la région Rhône-Alpes, du fait de la prépondérance des productions à base de fibres synthétiques ; elle groupe 28 % de l'effectif de l'industrie des teintures et apprêts, représente 16 % des tonnages traités et 29 % du chiffre d'affaires.

## 1 - LES CONSEQUENCES SUR L'EAU

Par définition, la technique des solvants permet de supprimer les prélèvements d'eau par l'industrie et les pollutions des effluents résiduels.

### a) Prélèvements

Il est extrêmement difficile d'apprécier, dans l'état actuel de l'information, le volume d'eau consommé par les industries textiles, et plus spécialement la part que représentent l'industrie du lavage de la laine et des teintures et apprêts.

Les mesures qui ont été faites se rapportent à des cas particuliers ou un échantillon d'usines, d'où ressort une grande disparité des situations et de grandes différences dans le coefficient technique : eau utilisée à la tonne traitée.

Pour l'ennoblissement, des coefficients calculés pour 57 usines dans le Nord donne des prélèvements de 150 m<sup>3</sup>/tonne, avec des extrêmes allant de 50 m<sup>3</sup>/tonne à 600 m<sup>3</sup>/tonne. L'Agence de bassin Artois-Picardie retient un prélèvement de 180 m<sup>3</sup>/tonne pour la teinture. Des coefficients calculés à Lyon pour 8 usines de teinture donnent 500 m<sup>3</sup>/tonne, et pour des usines d'impression 2 500 m<sup>3</sup>/tonne. Selon d'autres estimations, les utilisations d'eau dans l'industrie des teintures et apprêts seraient supérieures à 500 m<sup>3</sup>/tonne. La nature du traitement et les conditions d'organisation propres à chaque usine expliquent ces disparités.

La mesure de l'usage de l'eau est, en effet, d'autant plus difficile que celle-ci est prélevée dans une large proportion directement par l'usine, qu'il n'existe que de mesure des quantités utilisées ; en particulier, les opérations classiques d'ennoblissement comportent de très nombreux rinçages à chaque stade, et notamment des rinçages en continu par débordement. L'eau utilisée n'est pas recyclée, en général.

Le blanchiment et la teinture sont les opérations d'ennoblissement qui emploient le plus d'eau, étant donné les volumes nécessaires pour les rinçages. En outre, la teinture impose par rapport au poids du tissu à teindre un volume de bain important (qui peut atteindre le rapport 1/50). Au contraire, les apprêts nécessitent en général peu d'eau.

Notons que les procédés d'impression, qui créent les plus fortes utilisations d'eau, ne sont pas concernés par la technique des solvants.

Pour le lavage de la laine brute, les coefficients varient selon les usines, de 40 à 60 m<sup>3</sup> à la tonne de laine lavée, pour les opérations de lavage proprement dit et les servitudes de l'installation (alimentation de la chaudière, lavage du sol, etc.).

Les prélèvements d'eau par les industries textiles n'apparaissent cependant pas importants quand on les situe par rapport au prélèvement global d'eau en France par les industries. L'eau prélevée, qui est rejetée dans la proportion de 85 à 95 %, représentait 12 milliards de m<sup>3</sup> (rapport du V<sup>e</sup> Plan) en 1962 et dépasserait 14 milliards en 1970. Dans cet ensemble, l'industrie des teintures et apprêts entrerait donc pour une proportion de 2 % environ et le lavage de la laine, une proportion négligeable ; ce qui les situe loin derrière des industries telles la sidérurgie et la chimie, ou même le pétrole, les papiers-cartons.

Mais à l'échelle régionale se pose un problème de l'eau dans le Nord, où celle-ci est moins abondante, en particulier dans la région lilloise par

baisse du niveau de la nappe souterraine du calcaire carbonifère, et dans le bassin minier. L'industrie textile y est fortement concentrée. Elle ne se situe pas, cependant, parmi les secteurs aux prélèvements les plus forts ; l'Agence de bassin Artois-Picardie donne des prélèvements annuels suivants (en m<sup>3</sup>) :

- chimie : 12 000
- industrie pétrolière : 8 000
- sidérurgie : 5 000
- industries alimentaires : 4 000
- industries textiles : 2 000 (dont peignage 500, teinture 1 500).

Les autres grandes régions textiles de l'Est (Vosges, Alsace, Région lyonnaise) ont des ressources abondantes en eau.

Ainsi, le volume des prélèvements effectués par les industries textiles ne suffirait pas en lui-même pour développer l'intérêt en faveur des techniques par solvants.

#### **b) Pollution**

Les pollutions constituent l'élément le plus important de l'utilisation de l'eau par les industries textiles. Ces pollutions varient en fonction des opérations effectuées. Elles sont d'importance inégale et de composition différente ; elles sont en outre intermittentes, comme les rejets.

La teinture est très polluante : elle provoque des rejets importants d'acides, d'alcalis, d'oxydants, de matières colorantes, d'adjuvants (tels des détergents). Suivant la catégorie des colorants, le volume des eaux résiduaires peut varier de 30 à 160 m<sup>3</sup> par tonne de produit traité.

Le nettoyage des tissus, notamment le désencollage est également très polluant, alors que le blanchiment l'est relativement moins.

Les apprêts entraînent une faible pollution, du fait de l'emploi répété du même bain et des faibles quantités nécessaires.

Le lavage de la laine provoque des rejets de lessive et de substances dissoutes : le volume d'eaux résiduaires est de 30 m<sup>3</sup> par tonne de laine lavée, lorsque le suint est récupéré.

Une estimation a été donnée de la pollution globale des industries textiles, calculée à partir des évaluations forfaitaires de la pollution par les agences de bassin. Elle représenterait pour les teintures et apprêts 1,5 % de la pollution industrielle globale de 50 millions équivalent habitants), soit proportionnellement trois fois plus que la V.A. de la branche dans l'industrie. Le lavage de la laine est également considéré comme très polluant pour la région Nord, où il est concentré.

Les pollutions ont été les plus étudiées jusqu'ici, dans le cadre des Agences de bassin, de travaux effectués par des ingénieurs et par les centres techniques spécialisés des industries.

Pour les deux grandes régions textiles du Nord et Rhône-Alpes, la pollution par les industries textiles varie beaucoup en fonction de leur importance relative dans le cadre du Bassin :

— Dans l'Agence de bassin Rhône-Méditerranée-Corse, la pollution attribuée à l'industrie textile représente 2,4 à 3 % de la pollution industrielle, alors que dans ce bassin les industries les plus polluantes sont les papiers (38,5 %), la chimie (24,5 %), les industries alimentaires (19 %) les autres activités participant pour une part relativement réduite à la pollution globale ;

— Dans l'Agence de bassin Artois-Picardie (Nord), la pollution nette rejetée par les industries textiles représente, au contraire, 20 à 23 % de la pollution industrielle du bassin. Les deux tiers de la pollution seraient attribuables aux opérations de lavage de la laine (avant peignage et filature).

C'est pourquoi une station-pilote d'épuration est à l'étude à l'Agence de bassin, d'après un modèle anglais, dans le but d'épurer les effluents de lavage de la laine brute du Nord ; une station d'épuration inscrite au VI<sup>e</sup> Plan pour l'agglomération de Roubaix-Tourcoing (1), pour un coût de 4 milliards, pourrait voir la capacité initiale envisagée presque doublée, si étaient acceptés dans le réseau les effluents industriels ;

— Dans l'Agence de bassin Adour-Garonne, la pollution de l'industrie textile résulte surtout des opérations de délainage, où le procédé de délainage à l'échauffe entraîne une pollution évaluée à 288 000 habitants par le Laboratoire d'Essais, Contrôle, Analyses et Recherches Industrielles de Mazamet (330 000 équivalents-habitants selon l'estimation forfaitaire de l'Agence). Mais la technique des solvants n'a pas été étudiée encore pour cette application. De l'avis des experts, cependant, il serait envisageable de traiter les toisons par des enzymes, après un pré-traitement de nettoyage selon le procédé SOVER, recherches qui sont à faire.

Les effets de l'application de la technique des solvants sont donc susceptibles d'être très différents d'une région à l'autre.

### **c) Comparaison de la technique des solvants à d'autres procédures d'économie de l'eau**

● Des économies sont réalisables sur les prélèvements d'eau par l'industrie, indépendamment de la technique des solvants. Aux Etats-Unis, l'industrie textile a réduit de 40 %, depuis 1959, sa consommation d'eau par unité produite, en raison de l'accroissement du coût de l'eau. Selon que l'eau est facilement disponible, ou rare, elle peut, en effet, représenter de 1 % à 5 % (au Japon) dans le prix de revient en teinture et apprêts.

Actuellement, les redevances d'alimentation, qui varient en fonction de la zone de prélèvement, s'ajoutent aux redevances de pollution. Dans la région du Nord, où l'eau souterraine subit une redevance de 0,08 F/m<sup>3</sup> dans l'agglomération de Lille-Roubaix-Tourcoing, contre 0,02 F dans la région minière et 0,005 F/m<sup>3</sup> dans le reste de l'Agence de bassin Artois-Picardie, celle-ci peut représenter la moitié de l'ensemble des redevances.

Par ailleurs, le prix de revient direct de l'eau prélevée est de 0,10 F/m<sup>3</sup> pour les eaux souterraines dans le Nord, en Rhône-Alpes, en Lorraine ; pour les eaux de surface de 0,05 F/m<sup>3</sup> dans toutes les régions, sauf en Champagne où il est de 0,10 F/m<sup>3</sup>. Cette eau doit subir des traitements avant d'être utilisable pour les opérations de teinture et apprêts, qui majorent son coût :

- épuration
- décarbonatation (neutralisation) : 0,15 F/m<sup>3</sup>
- adoucissage : de 0,10 à 0,30 F/m<sup>3</sup>

Ainsi, l'eau prélevée dans le milieu naturel et traitée pour la production peut représenter un prix de revient global de 0,50 F le m<sup>3</sup>.

L'ensemble de ces contraintes doivent porter l'industrie à modifier ses comportements à l'égard de l'eau, qui devient une part non négligeable du prix de revient.

● Les procédés par solvants constitueront une solution radicale, tant pour la consommation d'eau que pour les installations existantes et les procédures conventionnelles qui sont totalement remises en cause ; également une solution coûteuse, qui nécessitera une sérieuse analyse des conditions d'investissements.

(1) Population des villes :	
— Roubaix	: 114 500
— Tourcoing	: 98 700
— Lille	: 190 500
	403 700

Agglomération Lille-Roubaix-Tourcoing : 881 400 habitants.

L'étude précédente des techniques par solvants et de l'état de la R et D, ainsi que des causes principales des pollutions, montre que la technique des solvants n'est pas encore actuellement opérationnelle, notamment dans les opérations où elle paraîtrait le plus souhaitable, telle la teinture et, en général, les processus de traitement en continu.

Mais des solutions intermédiaires sont actuellement possibles qui permettent d'économiser l'eau et de réduire les coûts de pollution.

Le recyclage de l'eau dans les opérations de blanchiment devrait permettre des gains allant jusqu'à 30 à 40 % des besoins d'eau. En teinture, il est plus difficile à réaliser et ne permettrait de gain que sur 10 % des prélèvements d'eau. Le recyclage de l'eau n'est pas actuellement pratiqué dans les usines de teintures et apprêts. Il nécessitera une modernisation des équipements en continu (où les manœuvres de vannes sont contrôlées) et des équipements nouveaux du réseau d'eau. Le recyclage représente donc un investissement global qui suppose une analyse préalable de l'usine.

L'épuration des effluents dans une station d'épuration suppose également une analyse de chaque rejet : en effet, de faibles débits correspondent à de fortes charges polluantes, alors que la moitié des eaux résiduaires peut ne représenter que 10 % de la pollution. Le coût de construction de la station peut ainsi être réduit, en pratiquant une séparation des effluents pour ne traiter que les plus pollués.

Enfin, les matériels les plus modernes réduisent le volume d'eau nécessaire aux traitements. Les constructeurs d'équipements sont susceptibles de réaliser à l'avenir des progrès dans ce domaine, étant donné l'actualité du problème.

Ainsi, aucune solution ne paraît immédiate ; chacune suppose un investissement appréciable et une analyse de l'ensemble du processus de chaque firme. C'est en fonction de cas spécifiques que pourrait apparaître l'intérêt de telle ou telle solution.

Il serait sage de ne pas recourir à des solutions trop hâtives alors que ne sont pas suffisamment envisagées et connues les techniques nouvelles par solvants, ni comparés les avantages relatifs des procédés possibles, dans un certain cadre de marché (produits traités), de taille de firmes et de conditions d'environnement de l'industrie.

## **2 - LES CONSEQUENCES SUR LES FIRMES**

Les procédés de traitement des fibres et produits textiles en milieu solvant impliquent des conditions de production très différentes des traitements classiques au niveau des différents facteurs de production : eau, main-d'œuvre, énergie, matières consommées.

Si les charges variables de production peuvent être réduites, en contrepartie la mise en œuvre de ces procédés supposerait un brutal accroissement des charges fixes, en raison de la nécessité de renouveler complètement l'équipement. Aussi, considérant l'aspect économique du problème, il importe d'insister sur la nouveauté de cette technique, qui remet totalement en cause les procédures traditionnelles et les installations existantes.

### **a) Investissements**

La technique des solvants aura pour conséquence de majorer l'investissement, étant donné d'une part l'emploi de matériels plus coûteux que les machines conventionnelles, fabriqués en aciers spéciaux, avec des dispositifs de travail en continu et en milieu étanche, d'autre part l'obligation de renouveler complètement les installations, qui ne pourront être mixtes.

Le choix entre la technique des solvants ou les traitements en phase aqueuse devra donc être catégorique. Le poids des immobilisations actuelles freinera certainement la diffusion des procédés nouveaux, si l'on considère que l'industrie des teintures et apprêts affecte couramment 9 % de son chiffre d'affaires annuel à l'investissement. Les réseaux de circulation d'eau dans l'usine, les installations de chauffage, les matériels de base tels que les bacs et les rames s'amortissent en vingt ans.

Les machines courantes s'amortissent en cinq ans. Si l'on considère que la technique des solvants remet en cause toute l'installation, on conçoit les problèmes d'organisation et les études préalables que supposera sa mise en œuvre.

L'investissement sera difficile à effectuer pour les petites entreprises, qui ont une structure de frais fixes moins importante que les frais variables. Celles-ci sont nombreuses.

Les grandes entreprises, qui ont dès à présent des frais fixes importants, seront confrontées au problème de la rentabilité des investissements consentis, qui supposeront le traitement de lots importants et un taux d'exploitation de matériel qui ne peut tomber en dessous de 40 %. Notons que les dix premières entreprises réalisent le tiers du chiffre d'affaires de la branche et les cinquante premières la moitié. Sur 660 usines, 150 usines réalisent les 3/4 du chiffre d'affaires. Celles-ci seront les plus directement concernées par les techniques nouvelles.

#### **b) Prix de revient**

A production égale, dans l'ensemble, les frais se trouveront réduits par l'emploi de la technique des solvants, du fait du doublement de la vitesse des traitements (les solvants s'évaporant beaucoup plus rapidement que l'eau). Les principaux frais sont :

- salaires : 50 %
- colorants et drogue : 20 %
- amortissements : 15 %

L'accélération du temps d'évaporation du produit hors des textiles traités, ainsi que les nouveaux équipements, devraient permettre de réduire dans des proportions variant de 20 à 50 % les besoins de main-d'œuvre directe.

L'emploi de la technique des solvants pour la teinture permettrait de réduire les consommations de colorants, ce qui représenterait un avantage général :

— pour les effluents industriels : dans les traitements par l'eau, les colorants ne sont pas fixés dans une large proportion, qui peut atteindre jusqu'à 40 % ; en outre, l'épuration de cet effluent ne peut se faire que pour la moitié de la matière oxydable. L'inconvénient de cet effluent, enfin, est que le colorant est un bactériostatique qui se fixe sur les bactéries, empêchant les épurations biologiques, ce qui force à des épurations physico-chimiques ; cette source de pollution de l'eau serait supprimée ;

— pour l'industrie : les colorants sont perdus dans une large proportion, dans les traitements classiques. L'emploi de solvants permettrait une utilisation intégrale des colorants, conduisant à une réduction de cet élément de coût.

L'amortissement, à quantité égale traitée, se trouverait également réduit, par suite de l'accélération de la vitesse de traitement.

Des économies en énergie seraient également réalisables, du fait de l'emploi des solvants, qui représentent des quantités très inférieures à chauffer pour un même traitement et requièrent moins de calories : la chaleur de vaporisation des solvants est pour le trichloréthylène de 57 cal/g et

pour le perchloréthylène de 50 cal/g, alors qu'elle atteint 596 cal/g pour l'eau. La vaporisation des solvants requiert donc dix fois moins d'énergie que la vaporisation de l'eau.

Les estimations du prix de revient feraient apparaître globalement une réduction de 15 à 30 % dans le coût des traitements par solvant, par rapport aux coûts de traitement en phase aqueuse. Cette conséquence peut constituer une incitation à investir. Mais, préalablement, il serait nécessaire de renouveler complètement les équipements, ce qui constitue un frein très important.

Enfin, pour être rentable la technique des solvants devra faire appel à des procédés très au point et des matériels étanches, pour des raisons de rentabilité comme de sécurité : la perte de solvants ne doit pas excéder 5 % pour ne pas rendre prohibitif le prix. En outre, on considère dans la profession que le coût des solvants est trop élevé actuellement et représente une charge d'investissement non négligeable.

### **3 - LES CONSEQUENCES SUR L'EMPLOI REGIONAL**

#### **a) Lavage de la laine**

Le lavage de la laine par solvants ne concernera que la région Nord. L'emploi, à ce stade de l'industrie lainière, est négligeable.

#### **b) Ennoblement**

Au contraire, pour l'industrie des teintures et apprêts la mise en œuvre des solvants implique une réduction technique des effectifs pouvant aller jusqu'à 50 % pour une production équivalente.

Les réductions régionales d'emploi se moduleront en fonction de plusieurs facteurs :

— la spécialisation des industries textiles locales ; en effet, l'industrie des teintures et apprêts a comme impératif de localisation la proximité des clients, filateurs, tisseurs, bonnetiers : 60 % de ses traitements sont locaux, le solde correspond à des transports par camions des produits à traiter. En outre, elle est liée à des marchés spécialisés, étant donné le caractère spécifique des traitements. Selon la nature de ses marchés locaux et la longueur des séries, il lui sera plus ou moins possible de mettre en œuvre des procédés par solvants ;

— la taille des entreprises régionales de teinture et apprêts ;

— les contraintes de l'environnement pour l'utilisation de l'eau.

On observe une tendance au regroupement de l'ennoblement dans deux régions : le Nord et le Sud-Est, par suite des fermetures intervenues et des créations d'usines nouvelles.

Le Nord, en raison du problème de l'eau et de l'importance relative de la teinture dans cette région (cf. tableau ci-joint) devrait être le plus directement intéressé à la technique des solvants. Rappelons qu'il représente, avec 11 000 personnes en 1968, dont 9 000 ouvriers, 28 % des effectifs de l'industrie des teintures et apprêts.

Dans la Région lyonnaise de l'Est une certaine proportion des effectifs, employés dans l'impression, ne sera pas touchée par cette technique. La région Rhône-Alpes représente 11 000 personnes, dont 8 900 ouvriers, soit 28 % des effectifs de la branche ; les régions d'Alsace et Lorraine 9 000 personnes, dont 7 000 ouvriers et 22 % des effectifs de la branche.

## REPARTITION DES PRODUCTIONS REGIONALES DANS L'ENNOBLISSEMENT

Impression sur étoffes - 1965			Teinture en pièce - 1966			Teinture fil - matière - 1967		
Régions	Prod.	Ets.	Régions	Prod.	Ets.	Régions	Prod.	Ets.
Est .....	57,1	8,7	Sud-Est .....	33,8	31,2	Nord .....	52,0	29,0
Sud-Est .....	29,4	61,0	Est .....	24,5	11,8	Sud-Est .....	15,0	25,0
Nord .....	6,4	10,8	Nord .....	23,3	22,0	Ouest .....	13,0	13,0
Ouest .....	6,2	6,5	Ouest .....	11,3	12,6	Est .....	9,0	11,0
Paris .....	0,7	8,7	Paris-Picardie .....	4,6	8,7	Midi .....	5,0	13,0
Champagne .....	0,2	4,3	Midi .....	2,5	13,7	Paris-Picardie .....	5,0	6,0
Midi .....	0	0				Champagne .....	1,0	3,0
France .....	<u>100 %</u>	<u>100 %</u>	France .....	<u>100 %</u>	<u>100 %</u>	France .....	<u>100 %</u>	<u>100 %</u>

**Source :** Association pour le progrès dans l'industrie de l'ennoblissement textile.

## **D) Conclusion**

La technique des solvants constitue l'un des éléments d'un cadre technico-économique complexe.

L'industrie de l'ennoblissement des textiles est à présent concernée par de nombreuses technologies nouvelles : teinture automatique avec calculateur de processus, teinture différentielle, impression par transfert, traitement par des solvants, en général le développement de processus continus. Elle est actuellement équipée dans des techniques conventionnelles de traitement à l'eau, mais a déjà réalisé une forte modernisation de son équipement avec l'apparition de nouveaux procédés, depuis la dernière guerre, qui sont liés à l'emploi croissant de textiles synthétiques et aux études de matériels par les constructeurs. Aussi les solvants constituent-ils pour l'industrie une voie possible d'évolution parmi de nombreuses autres.

L'adoption de cette technique pose aux firmes des problèmes importants de gestion dans le domaine du financement, de la formation du personnel ; également des problèmes structurels de dimension de la firme et des problèmes d'ajustement de la capacité technique de production par rapport au marché.

Mais la technique de traitement des textiles par des solvants bénéficie de deux puissants facteurs de développement : les recherches entreprises depuis plusieurs années par l'industrie chimique, au niveau mondial ; par ailleurs, l'intérêt porté par les pouvoirs publics à l'environnement et aux problèmes de l'eau.



## **8 - L'AUTOMATISATION DE LA CONFECTION**

La confection se caractérise aujourd'hui par l'importance des opérations manuelles par rapport au temps machine, étant donné la souplesse nécessaire des fabrications. Le processus de production est en effet tributaire de la structure très variée des articles fabriqués et des variations complémentaires apportées temporairement par la mode.

Les opérations de confection ont été jusqu'ici mécanisées au moyen d'outils, plus ou moins perfectionnés par des automatismes partiels, conduits chacun par une ouvrière.

Mais les technologies modernes, électronique, pneumatique et de commande numérique, permettent de concevoir à présent une automatisation du processus, souple et précise, adaptée aux contraintes de fabrication de cette industrie. Les premiers prototypes sont encore très récents (1966). L'essentiel des progrès est à attendre des dix prochaines années, où devrait se produire une révolution industrielle dans ce secteur.

Les effets régionaux de la mise en œuvre de ces techniques seront perceptibles à long et très long terme. La diffusion des innovations dépendra à la fois des structures industrielles et des évolutions de l'environnement : salaires, concurrence internationale et style de la demande d'habillement en fonction du mode de vie.

### **A) Présentation de l'innovation**

#### **1 - LA COUPE A COMMANDE NUMERIQUE**

Deux équipements représentent cette nouvelle technologie :

— le système de CINCINNATI Milling Machine, mis au point par l'une des premières firmes de machines-outils à commande numérique ;

— le GERBER Gutter, de la firme Gerber Scientific Instrument Co, spécialisée dans les équipements pour la confection, qui développe actuellement des techniques modernes automatisées pour différentes opérations de confection.

Le principe de la coupe à commande numérique est le suivant : le ruban perforé de commande de la machine est établi automatiquement par l'intermédiaire d'un calculateur, à partir de cartes perforées qui traduisent en coordonnées les contours des différents patrons à découper et l'optimisation de leur placement. Le bloc de commande du couteau comprend un système de lecture du ruban perforé et un interpolateur linéaire. La tête de

coupe est portée par un chariot mobile au-dessus du matelas de tissus à découper qui est maintenu par un système pneumatique (vide). Le couteau se déplace dans le tissu selon le profil programmé, à une vitesse qui est couramment de 5 mètres/minute et qui peut dépasser 10 mètres (en fonction des machines et des pièces à découper).

La coupe à commande numérique est l'équipement de base de l'automatisation future de la confection. Dès à présent, elle peut être associée, au début de la chaîne de fabrication, à un système de gradation des patrons par ordinateur, qui définit automatiquement à partir d'un modèle de base les patrons de différentes tailles à confectionner (1) ; l'ordinateur fournit alors les informations utiles pour la préparation des bandes de commande. Il est également possible qu'à l'avenir l'optimisation du placement des patrons se fasse directement par calcul sur ordinateur. Elle est obtenue manuellement aujourd'hui ; dans certains cas à l'aide de patrons miniatures, donnés par le traceur digital connecté à l'ordinateur.

Par ailleurs, la coupe à commande numérique fournit des pièces de dimension constante, sans déformation due à l'épaisseur du matelas et en peu de temps ; ce qui permet d'alimenter une chaîne de fabrication dans les meilleures conditions de rapidité et de sécurité. Mais elle représente un investissement très coûteux, surtout si elle s'associe à l'utilisation d'un ordinateur en amont de la coupe ; ce qui freinera ses possibilités de diffusion.

## **2 - L'ASSEMBLAGE AUTOMATIQUE**

L'assemblage comporte des opérations variées d'approvisionnement de la machine, de positionnement des pièces de tissu pour la couture, de guidage de la couture sur la machine, de dégagement et d'évacuation des pièces à un autre poste de travail. Elles représentent les 3/4 du coût global de la confection, étant donné l'importance du temps manuel par rapport au temps machine, qui se situe dans le rapport de 4 à 1. Pour cette raison, ces opérations sont les plus intéressantes à automatiser.

Etant donné la variété des opérations, il semble que l'on s'oriente d'abord vers une semi-automatisation de ce stade de fabrication. Cependant, pour certaines productions modernes de vêtements éphémères en non-tissés, des chaînes complètement automatisées seront rapidement développées. Mais l'automatisation poussée de la confection classique ne paraît envisageable qu'à très long terme.

### **a) Manutention et positionnement des tissus**

Des techniques de manutention, notamment pneumatiques (par aspiration, coussin d'air), sont à l'étude et se sont concrétisées déjà dans quelques équipements.

Ainsi, le système « Singer 2000 » de la Cie Singer, présenté en 1968, est un ensemble automatisé qui assure par moyens pneumatiques et gravitation la prise du morceau de tissu d'un paquet, son transfert et son positionnement avec un autre morceau de tissu, le transport à une machine à coudre et l'évacuation des pièces assemblées. Citons d'autres réalisations de manutention automatique, celles de l'USM Corporation ou du Scientific Instrument Research Association. En général, les machines modernes de manutention étudiées par différents constructeurs simplifient le travail de l'ouvrière, en présentant les pièces de tissu et en assurant, après piquage, leur évacuation et leur empilage (pneumatique).

(1) L'ordinateur travaille également à partir d'un programme établi selon les lois de gradation, pour chaque profil.

Les systèmes de manutention automatique réalisent un gain de temps, plusieurs opérations pouvant se dérouler simultanément dès lors que l'ouvrière n'intervient plus que partiellement. Le temps de travail machine se trouve porté de 20 à 60 % et le travail de l'ouvrière essentiellement affecté au guidage des pièces sur la machine à coudre. Cette semi-automatisation du processus réduit de moitié les interventions manuelles.

#### **b) Guidage de la piqûre**

Le guidage des tissus sur la machine à coudre a été déjà perfectionné au moyen de gabarits, qui donnent le profil de la couture et sont facilement et vite interchangeables. Il s'agit d'une automatisation « rigide », relativement spécialisée pour des petites pièces.

Les recherches vont dans le sens d'une automatisation « souple », par guidage électronique (lecteur de courbe) et commande numérique. Elle permettrait d'assembler différentes formes et tailles de pièces sans intervention humaine. Cette technique nécessite beaucoup de recherches avant d'être opérationnelle de façon générale, en particulier des recherches sur le contrôle du tissu au niveau de l'aiguille, le tissu étant un matériau souple, et de surcroît varié, qui est difficile à contrôler automatiquement.

Le guidage programmé représentera le pas décisif dans l'automatisation de l'assemblage. Les équipements seront associés aux dispositifs automatiques de manutention, déjà réalisés à cette époque.

#### **c) Soudage**

Le soudage se pratique déjà depuis de longues années, mais pour l'assemblage d'éléments partiels, tels les renforts et les triplures internes au vêtement. De nouveaux emplois apparaissent actuellement pour la doublure des vêtements, et, depuis peu, pour la confection complète de vêtements éphémères (vêtements à jeter, vêtements de travail).

La réalisation de vêtements simples soudés se fera selon des processus complètement nouveaux, telle cette unité expérimentale ; le liant est déposé entre les deux tissus à assembler, en micropoints, par la technique d'impression ; les tissus assemblés sont ensuite passés dans un four où le soudage s'effectue par polymérisation du liant ; enfin la découpe est faite à la continu par un système de rouleaux ; ce procédé ne permet d'assembler que des non-tissés et des tissus légers (tel coton).

Au contraire, le soudage des vêtements classiques présente des difficultés et des limites. Les problèmes techniques sont de pouvoir réaliser un assemblage résistant et souple, et de contrôler de façon précise et reproductible le soudage. Par ailleurs, la qualité exigée par les consommateurs et la variété des tissus employés peuvent être incompatibles avec l'emploi du soudage pour assembler ces vêtements.

C'est pourquoi on s'accorde à penser que les techniques classiques de confection par couture garderont une place importante dans l'avenir à long terme. Elles sont d'une application plus générale, à toutes les qualités de supports et qualités de vêtements, et, comme on l'a vu précédemment, susceptibles d'être automatisées.

### **B) Recherche et développement**

Ces innovations ouvrent un champ de recherches beaucoup plus large que la fabrication traditionnelle des équipements pour la confection et modifiera la structure de l'offre.

Parmi les firmes spécialisées dans les matériels de confection, seules les firmes à haute technicité et d'une taille suffisamment importante sont en mesure de mettre au point ces machines. D'autres constructeurs vont se présenter sur le marché, venus des secteurs de la machine-outil, de la mécanique de précision, de l'électronique, de la construction de machines textiles, qui exploiteront leur compétence de base pour effectuer des recherches dans ce domaine. Enfin, des instituts de recherche professionnels, tels en France le CETIH, parce qu'ils connaissent bien les problèmes de l'industrie, sont susceptibles d'orienter la recherche dans les voies les plus profitables et de mettre au point des machines.

Le besoin de limiter la dépendance à l'égard de la main-d'œuvre, étant donné la hausse des coûts salariaux dans les pays développés, devrait rapidement donner une impulsion aux recherches sur les moyens automatiques de manutention, qui pourrait aboutir à une offre de plus en plus variée durant la période 1975-1980.

Ces techniques ont l'avantage de réaliser les plus fortes économies de main-d'œuvre de la confection, au prix d'un investissement relativement modéré par rapport aux autres innovations de coupe et guidage des tissus automatiques. L'industrie devrait s'y intéresser en priorité, et de façon générale, quelle que soit la taille des firmes.

Pour la coupe à commande numérique et la gradation automatique, représentées actuellement par quelques équipements d'avant-garde, la diffusion devrait au contraire se faire lentement, lorsque les usines seront suffisamment automatisées par ailleurs et seulement dans les firmes dont l'importance permettra de rentabiliser l'investissement sur des grandes séries.

Enfin, le guidage électronique souple, qui aura l'avantage de suppléer à une main-d'œuvre qualifiée, ne devrait pas être opérationnel avant 1980 ; ce qui repousse à plus longue échéance sa mise en œuvre dans l'industrie.

## **C) Les aspects régionaux du développement de l'automatisation de la confection**

### **1 - LA LOCALISATION DES ACTIVITES**

La possibilité de recourir à des moyens automatiques, réalisant une forte économie de main-d'œuvre, retirera de l'intérêt à l'avenir aux localisations dispersées et établies en zone semi-rurale ou dans de petites agglomérations (cf. tableau suivant).

Selon le dernier recensement par l'INSEE des établissements industriels, les agglomérations de moins de 50 000 habitants regroupaient, en effet, 40 % des activités de confection ; paradoxalement, elles comprenaient aussi la plus forte proportion d'établissements importants : 50 % des établissements de 50 à 199 salariés et 43 % des établissements de 200 à 999 salariés.

A l'inverse, l'agglomération parisienne comptait seule le quart des salariés de la confection mais se caractérisait par le caractère artisanal des fabrications : 25 000 salariés étaient en 1966 occupés à la confection sur mesure, tandis que 7 % seulement des usines de 200 à 999 salariés y étaient établies.

LOCALISATION DES ETABLISSEMENTS DE CONFECTION EN 1966

	Confection de vêtements et lingerie			Habillement et travail des étoffes *	
	Nombre d'établissements			Nombre total de salariés	Nombre total de salariés
	200 à 999 salariés	50 à 199 salariés	Total		
<b>Agglomérations de moins de 50 000 habitants</b> .....	84	502	3 275	107 210	125 563
Communes rurales .....	11	134	1 206	28 708	34 899
Moins de 10 000 habitants .....	29	165	883	33 433	37 821
10 000 à 20 000 habitants .....	19	71	356	15 903	18 541
20 000 à 50 000 habitants .....	25	132	830	29 166	34 302
<b>Agglomérations de 50 000 à 200 000 habitants</b> .....	50	166	1 087	42 030	50 087
50 000 à 100 000 habitants .....	21	74	618	19 994	23 421
100 000 à 200 000 habitants .....	29	92	469	22 036	26 666
<b>Agglomérations de plus de 200 000 habitants, sauf Paris</b> .....	49	205	2 382	54 034	65 823
<b>Complexe résidentiel de l'agglomération de Paris</b> .....	14	128	7 298	53 917	78 085
France entière .....	197	1 001	14 042	257 191	319 558

\* Code INSEE 49 : confection industrielle et couture artisanale sur mesure.

Source : Les établissements industriels et commerciaux en France en 1966.

A l'avenir, la manutention automatique permettra de développer les usines de confection à proximité des agglomérations importantes, notamment en province. Les techniques élaborées électroniques (coupe et machines à coudre programmées) devraient accentuer cette tendance, en raison de la nécessité de recruter des cadres très qualifiés, cadres techniques et de management, auxquels la proximité d'une ville importante apporte des conditions de vie satisfaisantes qui facilitent le recrutement.

Au cours des quinze dernières années, on a observé une croissance relative de certaines régions, selon les recensements de population active par l'INSEE, de 1954 à 1968 (cf. tableau suivant). Citons :

— le Nord, qui bénéficiait d'une main-d'œuvre en provenance des industries textiles et d'une structure de firmes relativement importantes, outre une position à proximité des grands centres de concentration démographique, en France et dans le Marché commun ;

— la Champagne, en raison du développement des activités de confection par l'industrie de la bonneterie, dont cette région est le plus grand centre ;

— les régions de la couronne parisienne (Picardie, Normandie, Bourgogne, Centre) qui constituent une région privilégiée du développement pour cette activité, autour du grand centre de consommation qui est Paris ;

— certaines régions, telles l'Alsace et l'Aquitaine, où tendent à se localiser de grandes entreprises.

Au contraire, la Région parisienne marquait une forte régression de la population employée dans l'habillement, en raison du niveau élevé des salaires et du déclin de la confection artisanale ou semi-artisanale dans les très petits établissements.

Il ne semble pas que les automatismes modifient les tendances de localisation. A l'avenir, le principal axe de développement des industries de la confection devrait donc se situer sur l'axe Lyon-Lille, passant par le Bassin parisien. Cet axe bénéficie d'infrastructures de transport rapides, de grands centres de création, d'une industrie textile locale et d'une importante densité de consommateurs.

## **2 - LES CONSEQUENCES SUR LES FIRMES**

L'automatisation des manutentions devrait être accessible, financièrement, à des firmes d'importance moyenne, mais sera contrariée par la variété des fabrications dans certains secteurs. Les articles de haute nouveauté échapperont à ce mode d'organisation et constitueront un créneau pour les très petites firmes. Seules les grandes firmes pourront s'équiper de façon rentable avec les équipements de coupe à commande numérique et de couture programmés (par exemple, une machine de coupe représente un investissement de l'ordre du million de francs).

En général, l'automatisation contribuera à la restructuration de ce secteur d'activité, en éliminant progressivement le travail artisanal et les petits établissements. Les régions ayant le plus d'établissements importants (cf. tableau suivant) devraient être les plus accessibles à la modernisation, qui ne sera cependant ni brutale, ni généralisée, étant donné la complexité des activités de confection.

Les firmes devront en effet développer une nouvelle organisation, sur le plan commercial, technique et du management. Les produits devront être repensés pour correspondre à quelques modèles de base, avec des possibilités d'adaptation et de finition variées en fonction de la mode. Les fabrications seront programmées. Enfin, la gestion devra intégrer un beaucoup plus grand nombre d'informations (prévision de ventes, stocks et approvisionnement de tissus) pour que l'équipement ait un bon taux d'utilisation. Ces évolutions fondamentales devront devancer ou accompagner

**EVOLUTION REGIONALE DE LA POPULATION EMPLOYEE  
DANS L'HABILLEMENT ET LE TRAVAIL DES ETOFFES**

	Variation de la population active 1968/54 (en %)	Population active en 1968	
		en %	en milliers
Champagne .....	+ 27	2	6,6
Franche-Comté .....	+ 20	1	4,4
Nord .....	+ 9	11	37,5
Picardie .....	+ 2	4	12,4
Basse-Normandie .....	— 1	2	6,1
Haute-Normandie .....	— 2	3	10,2
Bourgogne .....	— 2	2	8,8
Aquitaine .....	— 14	3	11,5
Centre .....	— 15	7	23,1
Alsace .....	— 15	3	10,3
Bretagne .....	— 19	3	11,6
Limousin .....	— 21	1	4,7
Rhône-Alpes .....	— 22	11	39,4
Pays de la Loire .....	— 23	5	19,4
Midi-Pyrénées .....	— 23	4	12,3
Provence-Côte d'Azur .....	— 26	5	17,8
Lorraine .....	— 28	4	13,4
Auvergne .....	— 28	2	7,2
Poitou-Charentes .....	— 30	2	6,8
Languedoc-Roussillon .....	— 32	2	6
Région parisienne .....	— 46	23	82,9
France entière .....	— 26	100	352,4

**Source** : INSEE. Recensements de population 1954 et 1968.

l'automatisation de la confection ; ce qui freinera sa vitesse de diffusion. Rappelons que ce secteur industriel ne comprend actuellement qu'une quinzaine de firmes employant plus de 1 000 salariés et 50 firmes employant de 500 à 1 000 salariés, sur un total de 3 500 firmes. Ces firmes de plus de 500 salariés ne représentent que le quart de l'activité du secteur.

Enfin, le remplacement du travail manuel par des équipements modifiera beaucoup la structure des coûts dans l'industrie de la confection. Actuellement 2,5 % du chiffre d'affaires sont consacrés aux investissements. L'automatisation devrait avoir pour effet de décupler la charge d'investissement par poste de travail, ce qui, malgré la réduction très importante des effectifs, portera le taux d'investissement au niveau d'une industrie ayant un capital important à renouveler et à amortir. Les variations de la mode et le caractère cyclique de la production, qui constituent un risque important de la filière textile-confection, freineront la modernisation dans les firmes d'importance moyenne.

Les seuls facteurs moteurs au développement des automatismes seront l'enchérissement de la main-d'œuvre et les pénuries de main-d'œuvre qualifiée, qui toucheront de plus en plus à long terme ce secteur dans nos pays industrialisés. Mais, les pays du tiers monde, où la main-d'œuvre est abondante, constitueront alors une concurrence non négligeable à la modernisation du secteur en Europe.

### **3 - LES CONSEQUENCES SUR L'EMPLOI**

Il paraît peu discutable que l'automatisation des opérations de confection entraîne une forte réduction de l'emploi dans cette industrie, que l'on peut qualifier aujourd'hui de « main-d'œuvre ». Mais il est difficile de prévoir à quel terme se feront les évolutions les plus profondes.

## STRUCTURE REGIONALE DES ACTIVITES EN 1966

	Confection de vêtements et lingerie			Habillement et travail des étoffes *	
	Nombre d'établissements			Nombre total de salariés	Nombre total de salariés
	200 à 999 salariés	50 à 199 salariés	Total		
Nord .....	37	155	812	36 408	38 884
Région parisienne .....	14	132	7 449	55 309	79 796
Rhône-Alpes .....	17	103	1 575	28 255	34 672
Centre .....	10	95	549	18 210	20 509
Pays de la Loire .....	16	73	274	14 691	17 824
Lorraine .....	15	55	248	12 664	13 986
Alsace .....	15	36	131	9 228	10 970
Provence-Côte d'Azur .....	6	59	778	11 013	14 984
Haute-Normandie .....	12	29	182	9 348	10 164
Picardie .....	8	45	273	9 490	11 271
Bretagne .....	8	26	122	6 015	7 345
Champagne .....	8	23	140	6 378	6 809
Midi-Pyrénées .....	4	29	393	6 768	9 187
Bourgogne .....	5	22	195	5 617	7 057
Aquitaine .....	5	17	229	5 470	7 989
Languedoc .....	4	19	129	4 272	5 769
Poitou-Charentes .....	3	27	120	4 385	5 500
Basse-Normandie .....	2	20	104	3 951	4 430
Limousin .....	1	20	104	3 132	3 566
Auvergne .....	2	11	169	3 593	5 080
Franche-Comté .....	5	5	66	2 994	3 766
France entière .....	197	1 001	14 042	257 191	319 558

\* Code INSEE 49 : confection industrielle et couture artisanale sur mesure.

Source : Les établissements industriels et commerciaux en France en 1966.



Vraisemblablement, de fortes réductions d'effectifs viendront de la manutention automatique pour le transfert des pièces, l'alimentation et le déchargement des postes de travail au stade de l'assemblage, qui est le plus lourd et le plus coûteux en main-d'œuvre. Ces évolutions commenceront d'être sensibles durant la période 1975-1980 pour s'accélérer ensuite. Cette semi-automatisation pourrait réduire de moitié le temps des opérations manuelles pour l'assemblage par couture.

Les procédés de préparation et de coupe par ordinateur et par machine à commande numérique toucheront une main-d'œuvre limitée. Les machines à coudre programmées devraient être la dernière étape de l'automatisation du processus, et s'intégrer dans un contexte industriel déjà modernisé par ailleurs ; en outre, elles ne devraient pas être opérationnelles avant 1980.

Des réductions de la main-d'œuvre directe résultent enfin des économies d'échelle réalisées par la concentration des firmes et le déclin du travail artisanal.

Inversement, les besoins s'accroîtront de personnel d'encadrement qualifié, pour le management des firmes, la programmation de la production, la maintenance des équipements, de même que devrait se développer le personnel des services commerciaux.

La structure de l'emploi donne un aperçu sommaire des évolutions qui pourraient se produire à long terme. Si l'on compare le total de la population active employée dans l'habillement (352 000 personnes selon le recensement INSEE de 1968) aux effectifs salariés dans la confection industrielle (vêtements et lingerie), il ressort qu'environ 100 000 personnes seraient en France employées dans des productions artisanales de vêtements. Ces structures tendront à disparaître à long et très long terme, à la fois par l'automatisation de l'industrie et par l'accroissement des coûts de salaires.

Par ailleurs, les manutentions automatiques dans les firmes réduiront les effectifs de l'industrie, tandis que se réaliseront des économies d'échelle dues au regroupement des unités.

Il semble donc que la réduction des effectifs pourrait toucher à très long terme la moitié des personnes qui travaillent actuellement dans le secteur de l'habillement, malgré la croissance de la production.

## **D) Conclusion**

Les innovations dans le secteur de la confection représentent un passage presque direct d'un processus de fabrication manuel et faiblement mécanisé à un processus industriel très moderne.

L'importance de la mutation technique rendra lente la diffusion des innovations dans les firmes.

L'ensemble des structures du secteur devront être modifiées. Les conséquences régionales seront une forte réduction de l'emploi, associée au déplacement de la localisation des activités au détriment des zones rurales, qui ira donc dans le sens du mouvement d'urbanisation.

Régine GUIRIEC

Michel CREGUT

(Bureau d'Informations et de  
Prévisions Economiques - BIPE).

# **FICHES TECHNIQUES**

## 1 - TRANSPORT ROUTIER

### A) Les transports de personnes

Les innovations prévues dans ce domaine portent aussi bien sur les transports individuels que sur les transports collectifs. C'est là un fait nouveau, au moins en ce qui concerne les transports urbains : depuis longtemps, alors que l'automobile bénéficiait de progrès réguliers, bien que sans modification essentielle, les transports en commun stagnaient. Ils sont aujourd'hui, à peu de choses près, ce qu'ils étaient il y a cinquante ans. Pour l'interurbain, en revanche, l'extension du réseau d'autoroutes, l'accroissement de la vitesse des trains, et surtout la généralisation de l'avion ont constitué, dans le passé immédiat, des progrès certains.

L'apparition d'innovations importantes dans le domaine des transports urbains constitue donc, en elle-même, une nouveauté dont il est difficile de prévoir dès aujourd'hui toutes les conséquences, et en particulier l'accueil du public.

En fait, nous devons distinguer deux séries d'innovations :

— D'une part, les innovations technologiques qui permettent d'améliorer les modes existants (par exemple, favoriser l'utilisation nocturne de la voiture par routes lumineuses ou lumière polarisée) ou de réaliser un nouveau mode rendant un service de même nature que les modes existants (par exemple, l'URBA, qui, utilisant des technologies nouvelles, rend un service comparable à celui du métro). Dans tous ces cas, l'innovation technologique permet une **amélioration** des moyens de transport sans permettre une **modification** du « système de transport ».

— D'autre part, les innovations technologiques permettant de réaliser un nouveau « système de transport ». Aujourd'hui la voiture particulière s'oppose aux transports en commun selon de nombreux critères : elle est individuelle, ils sont collectifs ; elle permet le porte-à-porte, ils nécessitent des ruptures de charge ; elle est privée, ils sont publics ; elle est toujours à disposition, ils sont discontinus (horaires ou fréquence). On peut imaginer de nombreux modes intermédiaires en croisant différemment ces caractéristiques : la voiture banalisée est un mode individuel qui n'est plus privé ; les services mini-bus peuvent permettre le porte-à-porte en transports collectifs, etc.

Cette distinction entre amélioration des modes actuels et modification du système de transport est parfois difficile à établir, car à partir de quel niveau de prise en charge de la voiture individuelle peut-on parler de « nouveau mode » ? (contrôle électronique de vitesse, de freinage, prise en charge totale sur autoroute électronique, etc.). Autrement dit, à partir de quel moment la modification sera-t-elle suffisante pour entraîner une modification des attitudes et comportements des usagers par rapport à la voiture individuelle ?

### 1 - AMELIORATION DES MODES ACTUELS

#### La voiture individuelle

Un certain nombre d'innovations ont pour but de faciliter l'usage de la voiture individuelle, soit directement (les dispositifs anti-éblouissant, les chaussées lumineuses), soit en assurant une utilisation plus rationnelle du réseau urbain ou interurbain en communiquant à l'usager les informations nécessaires.

Mais l'utilisation plus rationnelle du réseau existant peut s'obtenir par des procédés plus contraignants pour l'usager que la simple information par contrôle électronique de vitesse, d'écarts entre véhicules, de « stop », etc. Il ne reste plus qu'un pas à franchir pour parvenir à l'autoroute électronique où l'ensemble de la circulation est régulée de manière automatique. Certains usagers apprécieront l'accroissement de sécurité que l'on pourra ainsi obtenir, mais d'autres regretteront le « plaisir de conduire » et accepteront difficilement de ne plus être les seuls maîtres de leur véhicule ; l'image de la voiture individuelle s'en trouvera, dans tous les cas, modifiée.

La voiture individuelle peut aussi être favorisée par la limitation de ses nuisances : dispositif anti-bruit, anti-polluant, et par une meilleure utilisation de ses possibilités pour les déplacements interurbains (réseau d'autoroute à 200 km/h).

Enfin le véhicule individuel pourra être équipé d'un moteur de type différent : pile à combustible, moteur à vapeur, etc.

Il s'agit là d'un ensemble d'innovations qui, sans rien bouleverser (du point de vue de l'usager), peuvent améliorer le véhicule individuel.

#### Les transports en commun

Sans modifier la nature du service offert, on peut proposer une nouvelle version des transports en commun urbains (URBA, aéro-train version urbaine, télé-rail, etc.).

Toutefois, les conséquences de l'introduction de ces technologies nouvelles peuvent être plus importantes que celles entraînées par un simple perfectionnement : du fait même de leur évidente nouveauté, elles peuvent modifier complètement l'image qu'on se fait des transports en commun qui pourront attirer ainsi de nouvelles fractions du public.

Une amélioration importante pourrait aussi être apportée par les véhicules télécommandés qui, par suite de la suppression de l'agent conducteur, dont le coût constitue une part très importante des frais de fonctionnement, pourraient être de module plus réduit et assurer ainsi un service à des fréquences plus fortes et plus régulières, ce qui pourrait constituer un atout essentiel en faveur des transports en commun.

Enfin, les transports en commun urbains de type classique ne pouvant s'envisager sans rupture de charge, tout ce qui facilite des ruptures de charge (transports hectométriques, etc.) peut jouer en faveur des transports en commun.

Certaines innovations peuvent ne pas présenter d'amélioration sensible du service rendu, mais entraîner une diminution des investissements nécessaires ou des coûts de fonctionnement. C'est peut-être le cas, par exemple, de l'URBA, dont les services sont sensiblement ceux du métro, mais qui n'exige pas le percement d'un tunnel, ni même des achats importants de terrain.

En ce qui concerne les transports en commun interurbains, ils seront de plus en plus rapides, ce qui fera baisser l'intérêt de la voiture individuelle pour ce genre de déplacements. Mais dans les décennies à venir, l'équilibre entre transports terrestres et aériens pourrait évoluer à plusieurs reprises, l'intérêt des transports terrestres résidant dans leur pouvoir de pénétration dans les villes (le turbotrain sera directement compétitif par rapport à l'avion), la revanche des transports aériens pouvant être gagnée par les avions à décollage très court ou même vertical.

Il faut toutefois rappeler qu'il ne suffit pas de disposer de véhicules susceptibles de très grandes vitesses, il faut aussi les faire rouler sur des infrastructures convenables. C'est peut-être du côté du coût de celles-ci que se trouvent actuellement les plus gros obstacles.

## 2 - APPARITION DE MODES INTERMEDIARES

Les systèmes bimodes, surtout lorsqu'ils sont constitués par des véhicules particuliers, atténuent considérablement l'opposition classique entre modes individuels et modes collectifs. Pour en apprécier l'impact, il faudrait prévoir comment les automobilistes vont réagir aux contraintes de la partie commune du trajet, comparées aux contraintes actuelles imposées pour la circulation puisqu'on attaque ainsi un des avantages principaux des transports individuels.

Dans un autre ordre d'idées, les taxis banalisés brisent l'opposition actuellement très forte entre l'individuel-privé d'une part, et le collectif-public d'autre part, par l'introduction d'un individuel-public dont le taxi avec chauffeur actuel n'est qu'une approximation. Toujours dans le même ordre d'idées, le système de bus à la demande permettra à un véhicule collectif d'assurer le porte-à-porte alors que c'est, actuellement, un des avantages les plus appréciés et les plus caractéristiques des modes individuels.

Le « véhicule programmé » ou « l'ascenseur horizontal » apparaît, par sa souplesse, comme une solution idéale dans les centres urbains au problème du déplacement des personnes.

Dans ces conditions, les choix politiques de la collectivité entre transports en commun et voitures individuelles risquent de se poser de façon différente, puisque les oppositions seront moins tranchées et que la gamme des possibilités sera plus large.

## 3 - REMARQUES COMPLEMENTAIRES

Avant de passer à l'examen détaillé de ces innovations, nous effectuerons quelques remarques qui permettront de mieux en estimer la portée.

### Disparition du véhicule individuel que nous connaissons ?

Un avantage essentiel de la voiture particulière réside dans la multiplicité de son utilisation : c'est le mode à tout faire. C'est avec le même véhicule que l'on va travailler, que l'on sort le soir et que l'on part en vacances. Mais supposons que l'on voie se développer des véhicules urbains pratiques et économiques, qu'il soit possible pour ses vacances de louer sur place les véhicules désirés... La voiture particulière, concurrencée sur chacune de ses utilisations, perdrait son universalité. Mais n'oublions pas que tant qu'il y aura des raisons, quelles qu'elles soient, d'acquérir une voiture particulière, on notera vraisemblablement une tendance naturelle à utiliser ce mode personnel que l'on possède. C'est donc sur l'évolution des motifs d'acquisition qu'il faudrait orienter la réflexion.

### Nécessité de franchir un certain seuil

Certaines des innovations proposées nécessitent, pour être intéressantes, un certain niveau de service. Autrement dit, en deçà d'un certain seuil, l'innovation peut très bien ne pas se développer alors que son succès serait assuré une fois ce seuil franchi.

Ceci pourrait être le cas, par exemple, de la voiture urbaine banalisée, et de manière générale, de la mise en service d'un transport collectif qui se voudrait compétitif par rapport à la voiture individuelle, de l'ascenseur horizontal... Ce qui signifie que l'investissement initial doit être très important, donnant une dimension irréversible à l'opération.

### Une dimension internationale

La dimension internationale du problème joue surtout à deux niveaux :

— la concurrence. Un système développé en France peut ensuite être exporté et, à l'inverse, l'absence de systèmes français peut conduire à importer un système étranger ;

— la réglementation. Certaines réglementations, certains « accessoires » ne peuvent être diffusés sans accords internationaux (par exemple, l'usage de la lumière polarisée pour équiper les véhicules individuels).

### Problèmes institutionnels

L'adoption et la diffusion de la plupart des innovations en matière de transports, surtout de transports en commun, pose un certain nombre de problèmes. En effet, en France, le transport est soumis à une réglementation très stricte qui assure, sur une liaison donnée, un monopole d'exploitation. Il est donc exclu qu'un entrepreneur privé, quels que soient ses moyens financiers, puisse prendre le risque de lancer une innovation dans ce domaine. Seules les sociétés existantes peuvent prendre de telles initiatives. Or, leur situation ne les y pousse pas, et ceci pour plusieurs raisons, la plus évidente, mais non la seule, étant leur position de monopole. Leur situation actuelle difficile, du fait de la désaffection croissante pour les transports en commun, au moins urbains, leur fait rechercher plus la sécurité des procédés traditionnels que les risques de l'innovation. De plus, l'absence totale d'innovations pendant une longue période fait qu'elles n'y sont guère préparées, et qu'il est impossible de trouver dans le passé des éléments permettant la prévision, même sommaire, de l'impact d'un nouveau système. Toutes ces raisons convergent vers une très grande prudence, ce qui constitue un frein puissant. En revanche, l'urgence reconnue du problème des transports urbains, l'accord qui commence à se faire sur l'idée que la voiture individuelle ne

peut pas être une solution universelle, sont au contraire des facteurs qui peuvent sérieusement militer en faveur de l'adoption des innovations. Mais c'est en définitive au niveau national que se prendront vraisemblablement les décisions cruciales, celles qui porteront sur le financement d'expérimentation en vraie grandeur et dans un environnement naturel. Si ces expériences s'avèrent concluantes, on peut penser que les réticences seront bien atténuées.

Ces problèmes institutionnels et réglementaires pèsent moins directement sur le développement de la voiture individuelle, puisque tout constructeur peut lancer une innovation sur le marché. Néanmoins, il est clair que la limitation de vitesse généralisée, par exemple, rendra complètement inutile certains perfectionnements du moteur.

## Les problèmes de coût

Il est clair que si, pour un niveau de service équivalent, une innovation technologique permet d'abaisser les coûts, l'impact de cette innovation peut être très important et l'innovation se développer même si la diminution de coût n'est pas répercutée sur l'utilisateur (ce qui pourrait être le cas des régies, concessions, etc. déficitaires). Autrement dit, certaines innovations qui ne changent que peu de choses pour l'utilisateur peuvent s'avérer très importantes si elles intéressent les sociétés gestionnaires ou concessionnaires des moyens de transport.

## B) Les transports de marchandises

Les innovations dans le domaine du transport des marchandises peuvent être regroupées en examinant leur effet sur l'augmentation de la charge unitaire des véhicules, sur l'évolution de la vitesse des véhicules, la continuité du transport, le coût du transport et l'apparition de véhicules nouveaux. Par ailleurs, il peut être intéressant de noter les problèmes que posent chacun de leur côté, l'infrastructure d'une part, les véhicules, d'autre part.

### Augmentation de la charge unitaire des véhicules :

C'est surtout pour le transport maritime et le transport aérien que cette augmentation est la plus importante. Les récentes années ont vu apparaître les pétroliers et les minéraliers géants et il existe des projets de bateaux encore peu lourds. Il en résulte la possibilité de transporter sur de très longues distances de façon économique des produits à faible valeur unitaire en contrepartie d'une concentration considérable des ports.

Le transport aérien se caractérise également par une croissance de la charge unitaire des véhicules. Toutefois, le transport aérien de marchandises demeure une activité relativement secondaire par rapport au transport aérien de personnes. Les capacités atteintes ou envisagées ouvrent toutefois des perspectives nouvelles dans des cas particuliers. C'est ainsi que l'on a vu des projets d'expédition de véhicules automobiles d'Europe vers les Etats-Unis par avion gros porteur.

L'accroissement des charges unitaires des véhicules entraînant une concentration des ports et des aéroports met à la charge de la puissance publique le financement d'investissements d'infrastructures considérables ; il peut

également soulever des difficultés d'insertion de ces infrastructures dans le milieu national, régional ou urbain.

La charge unitaire évolue moins rapidement en matière terrestre où les normes et gabarits imposés par les infrastructures freinent son développement.

### Vitesse des véhicules :

D'une manière générale, les progrès obtenus sur la vitesse résultent davantage d'une amélioration de l'exploitation que d'innovations technologiques. C'est le cas en matière de transport maritime où initialement la mise en service du conteneur avait essentiellement pour objet d'améliorer la rotation des navires. Dans le domaine ferroviaire, les durées de trajet pour les marchandises sont également déterminées par les triages et manutentions beaucoup plus que par la vitesse des trains et des recherches sont en cours pour tenter d'accélérer ces opérations. Les progrès des techniques de propulsion conduisent néanmoins à un développement modéré mais régulier des vitesses de traction. Il semble que, sauf dans des cas particuliers, les très grandes vitesses utilisées pour le transport des personnes ne devraient pas se généraliser pour le transport des marchandises.

### Continuité du chargement :

Dans ce domaine, des progrès spectaculaires sont intervenus avec l'apparition du conteneur, du navire porte-barge, du développement du roll-on - roll-off. Ces techniques permettent surtout de faciliter les ruptures de charge et d'augmenter la vitesse du trajet. Le développement du conteneur concerne tous les modes de transport de marchandises, son importance peut donc être considérable (détérioration de la position concurrentielle de chargeurs de petits ou moyenne importance, déplacement des centres de décision dans les entreprises de transport, déplacement de l'équilibre concurrentiel intermodal).

### Coûts :

Pour les véhicules classiques, la tendance est à la réduction du coût unitaire de transport. Toutefois, les progrès techniques aussi bien que la croissance quantitative du trafic entraînent généralement des coûts sociaux considérables dont l'imputation pose des problèmes économiques et politiques délicats. Ceci est vrai aussi bien en matière d'investissements que d'exploitation. Les transports terrestres demeurent dominés par la concurrence rail-route et afin de réduire les fonds publics affectés aux infrastructures routières, on voit les pouvoirs publics intervenir de diverses manières sur l'équilibre entre les deux modes (plan Leber en Allemagne, taxe à l'essieu en France).

### Véhicules nouveaux :

Les véhicules nouveaux dérivent des applications du cousin d'air : terraplane et aéroglisseur. Le terraplane, dont le coût d'exploitation risque d'être relativement élevé peut avoir des applications dans des régions faiblement pourvues en infrastructures. Les aéroglisseurs marins existants sont orientés vers le transport des personnes.

Bien qu'il ne s'agisse pas à proprement parler de véhicules, il faut rappeler que le transport de marchandises par conduite se développe considérablement.

Classique pour les liquides et les gaz, il commence dans des cas particuliers à être utilisé aussi pour le transport des solides.

## Véhicules et infrastructures :

Tout système de transport comporte ces deux éléments. En première approximation, on peut dire que dans les domaines maritime et aérien, le véhicule a jusqu'ici imposé son évolution aux infrastructures tandis qu'en matière de transport terrestre les infrastructures pèsent lourdement sur le développement des véhicules. Les progrès en matière d'infrastructure sont lents et coûteux et proviennent essentiellement du secteur des Travaux publics. Aussi paraît-il vraisemblable que dans les prochaines années les innovations les plus intéressantes concerneront plutôt les modalités d'exploitation des infrastructures et des véhicules que la technologie de ces divers éléments.

## C) Fiches techniques sur le transport routier

Après une description rapide, les notes suivantes indiquent les conséquences proches ou lointaines des nouvelles techniques concernant :

- la construction d'un réseau parallèle d'autoroutes à très grande vitesse (200 km/h),
- la chaussée lumineuse,
- la nouvelle approche des conceptions d'interface entre modes de transport (points d'éclatement, complexes d'échange, parkings de dissuasion),
- le nouveau mode de transport urbain de distance moyenne (2 à 15 km),
- le véhicule programmé (ou encore : ascenseur horizontal),
- le transport hectométrique,
- le contrôle de sécurité du mouvement des véhicules de l'extérieur en différents points critiques,
- le système de contrôle automatique de la vitesse de sécurité des véhicules,
- les dispositifs anti-polluants totalement efficaces et à bon prix,
- les dispositifs anti-bruits,
- les dispositifs anti-éblouissants,
- la mise au point d'une pile à combustible à prix réduit,
- le petit véhicule urbain à une ou deux places,
- l'automobile à vapeur,
- le terraplane,
- le bimode urbain,
- le taxi urbain sans chauffeur,
- l'information visuelle sans support physique pour la signalisation routière,
- l'information visuelle externe aux véhicules sur les routes à suivre,
- les informations audiovisuelles à l'intérieur des autobus,
- le guidage automatique des véhicules,
- le radio-bus (Dial-a-bus) ou autobus à la demande,
- l'identification automatique des véhicules,
- le contrôle centralisé et optimisé du trafic urbain par l'intermédiaire des feux et des routages,
- l'autoroute électronique,
- l'exploitation généralisée des conteneurs dans le transport routier.

## 1 - CONSTRUCTION D'UN RESEAU PARALLELE D'AUTOROUTES A TRES GRANDE VITESSE (200 km/h)

### A - DESCRIPTION SOMMAIRE

Il existe dès maintenant une forte dispersion dans les performances des véhicules automobiles. Construire toutes les voies rapides avec les caractéristiques satisfaisant les véhicules de plus haute performance serait trop onéreux. En effet, les rayons minimum en courbe généralement de 500 m devraient atteindre 2 000 mètres lorsque la vitesse de base passe de 100 à 200 km/heure. Les distances d'arrêt des véhicules seraient également presque multipliées par 4, ce qui nécessite un rayon en profil vertical beaucoup plus important qu'avec les autoroutes ordinaires.

La construction d'autoroutes à 200 km/heure exigerait dans de nombreux cas des travaux de déblais et remblais supplémentaires très importants. Les largeurs des voies devraient être également augmentées pour des raisons de sécurité.

Il n'est donc pas raisonnable d'exiger dès à présent des caractéristiques exceptionnelles qui ne seraient utilisées à plein que pour un tout petit nombre.

L'expérience montre d'autre part que les accidents sont d'autant plus importants que les véhicules ont des vitesses différentes. On ne peut donc encourager la dispersion des vitesses sur une même route.

On pourrait par contre envisager la construction à long terme d'un réseau parallèle d'autoroutes à très grande vitesse desservant une proportion déterminée des usagers.

### B - IMPACTS PREVISIBLES

Accroissement des vitesses pour les usagers du réseau rapide et décongestion du réseau ordinaire d'autoroutes pour les autres usagers.

Diminution des accidents, grâce à une meilleure homogénéité des vitesses sur chaque réseau.

Accroissement de l'accessibilité, considérée comme l'espace accessible dans un temps donné, d'où modification des dimensions des aires d'influence urbaine ou régionale.

En contrepartie, coût plus élevé de construction des autoroutes.

### C - ENVIRONNEMENT

Pas de problème technique très compliqué mais un problème financier : l'avantage apporté justifie-t-il la construction de deux réseaux d'autoroutes ?

Il faudrait probablement envisager la délivrance de permis spéciaux pour conduite de véhicules très rapides.

### D - OCCURRENCE

Pas avant que le programme de réalisation du réseau d'autoroutes de base n'ait été sérieusement avancé, donc d'ici 15 à 20 ans.

## 2 - LA CHAUSSEE LUMINEUSE

### A - DESCRIPTION SOMMAIRE

Il s'agit de rendre la totalité de la chaussée faiblement lumineuse de nuit grâce à un revêtement fluorescent ou par n'importe quel procédé autre (lumière noire, etc...). L'efficacité peut être sensible aux intempéries.

### B - IMPACTS PREVISIBLES

Réduction des accidents par suppression des éblouissements.

Etalement du trafic, en rendant plus confortable la conduite de nuit, d'où une meilleure utilisation des infrastructures.

Bouleversement de la technique routière.

En contrepartie, coût augmenté de construction de chaussée.

### C - ENVIRONNEMENT

Rien à signaler.

### D - OCCURRENCE

Imprévisible.

## 3 - NOUVELLE APPROCHE DES CONCEPTIONS D'INTERFACES ENTRE MODES DE TRANSPORT (POINTS D'ECLATEMENT, COMPLEXES D'ECHANGE, PARKING DE DISSUASION)

### A - DESCRIPTION SOMMAIRE

Sous cette rubrique, on regroupe les innovations concernant l'organisation et l'équipement de lieux à grande concentration de trafic piéton dû soit à des changements de mode, soit à des possibilités d'arrêt.

La mise en place de commerces et services bien choisis en ces lieux pourrait compléter et rehausser très heureusement les fonctions proprement transport des points d'échange.

Par ailleurs, le développement de moyens de transport de courte distance pour aider les piétons à effectuer des parcours de transbordement souvent pénibles serait probablement très bien accueilli par le public.

L'étude des points d'éclatement principaux devrait donc être complète en intégrant totalement les aspects transports et urbanistiques des fonctions.

## B - IMPACTS PREVISIBLES

Incitation à l'usage des parkings de dissuasion.

Amélioration des conditions de vie, grâce aux nouvelles possibilités de concentration de services.

Remise en cause des réseaux existants et des pôles d'attraction existants.

## C - ENVIRONNEMENT

Des études et réalisations intéressantes existent déjà sur ce sujet (exemple Aéroport d'Orly, complexe de Bagnolet, La Défense).

Incidence des innovations en matière de travaux souterrains, et surtout dans le domaine du transport hectométrique.

Peut poser des problèmes délicats de propriété des sols et d'exploitation (superposition d'équipements publics et privés).

## D - OCCURRENCE

Des progrès sensibles sont possibles dans un avenir proche.

## 4 - NOUVEAU MODE DE TRANSPORT URBAIN DE DISTANCE MOYENNE (2 à 15 km)

### A - DESCRIPTION SOMMAIRE

Il s'agit ici de révolutionner le transport en commun traditionnel :

— en éliminant les arrêts intermédiaires,

— en éliminant les ruptures de charge entre lignes,

— en utilisant des dispositifs de conduite totalement automatique (élimination du personnel de conduite),

— en automatisant la perception des taxes et le contrôle,

— en s'autorisant des infrastructures aériennes légères s'insérant facilement dans le tissu urbain avec le minimum de nuisances,

— en établissant un réseau maillé le plus fin possible grâce à des systèmes à capacité réduite dont on peut envisager facilement la multiplication des lignes.

### B - IMPACTS PREVISIBLES

Regain en faveur pour le transport en commun.

Revitalisation des centres.

Satisfaction de l'objectif social de fournir un transport correct aux catégories les moins favorisées.

Désenclavement des ghettos urbains.

Limitation du rôle de l'automobile.

Impact sur l'économie nationale (exporter ou dépendre de l'étranger à long terme dans ce domaine).

## C - ENVIRONNEMENT

Des systèmes très nombreux sont à l'étude. Le niveau de développement est très variable ainsi que les qualités offertes qui sont souvent incomplètes relativement à un mode de transport totalement révolutionnaire dans sa conception.

Les systèmes envisagés sont soit des bandes transporteuses rapides (extension du transport hectométrique), soit des petites colonnes à débit quasi continu (exemple : télétrai), soit des véhicules à plus grosse capacité (exemple URBA) exploités sous forme de trains de véhicules (exemple : URBA - MINITUBE - AT 2000, etc...) ou par desserte cadencée de véhicules isolés (exemple AEROTRAIN, etc...).

Les systèmes les plus révolutionnaires sont actuellement les moins développés mais des progrès importants sont possibles dans les années qui viennent.

Les problèmes de transport sont souvent les mêmes dans les villes de tous les pays du monde, de sorte qu'une coordination à l'échelon national et même international semble nécessaire. Les réalisations probatoires en vraie grandeur des systèmes les plus prometteurs, moyennant une aide de l'Etat, constituent l'étape indispensable au développement de ces systèmes.

Peut susciter des réactions des constructeurs d'automobile ou producteurs de pétrole, en entraînant des reconversions partielles.

## D - OCCURRENCE

De 10 à 15 ans si les Pouvoirs publics prenaient très vite une option favorable au développement de ces systèmes.

Des systèmes ne possédant qu'une partie des qualités exigées d'un système totalement révolutionnaire semblent développables en moins de cinq ans (exemple URBA).

## 5 - VEHICULE PROGRAMME (ou encore : ASCENSEUR HORIZONTAL)

### A - DESCRIPTION SOMMAIRE

Il s'agit de véhicules, de la taille d'une cabine d'ascenseur (3 places, ou 10 places, etc...) capables de se déplacer sur un réseau maillé et d'aller de station à station en prenant des aiguillages.

Les cabines sont programmées, c'est-à-dire qu'au départ le passager monte dans le véhicule et indique la station à laquelle il désire se rendre. Le véhicule est alors pris en charge par un calculateur qui le pilote jusqu'à l'arrivée.

## B - IMPACTS PREVISIBLES

Il s'agit d'un système de transport éliminant :

— par rapport au véhicule individuel, le problème du parking ;

— par rapport au taxi, le problème du chauffeur ;

— par rapport au métro (ou ses dérivés : Urba, Aérotrain, etc...), le problème des arrêts à toutes les stations intermédiaires entre la station de départ et la station d'arrivée, et le problème des correspondances. Ce système de transport rendu récemment possible par les progrès des calculateurs devrait permettre d'implanter dans les villes moyennes (100 000 à 1 million d'habitants) un système de transport urbain offrant un très haut niveau de service pour un coût de fonctionnement faible (mais peut-être un coût d'investissement assez élevé), il semble que pour des villes beaucoup plus importantes, le débit de ce système (estimé à 5 ou 10 000 personnes par heure et par sens, au maximum) ne serait pas suffisant.

## C - ENVIRONNEMENT

Deux firmes américaines au moins (Dashaveyor, Varo) ont entrepris depuis quelques années de construire des systèmes de véhicules programmés (réalisation en cours à l'Aéroport de Dallas).

Otis s'est également, très récemment, engagé sur ce marché.

En France, l'Aéroport de Paris et la DATAR entreprennent actuellement la mise au point d'un tel système avec la société Automatismes et Technique.

Les principaux demandeurs, à très court terme (1 à 5 ans) d'un tel système sont les gros aéroports (exemple : Roissy en France).

## D - OCCURRENCE

Compte tenu de la possibilité de faire des réalisations de faible importance (par exemple : liaison entre les parkings d'un aéroport et le bâtiment central) et du faible prix possible de la voie (poutre métallique suspendue), du faible coût de fonctionnement (automatisation totale) et du niveau de service offert très élevé, ce système devrait apparaître exploité commercialement dans les années 70 à 80, et peut-être même avant 1975, sur un gros aéroport américain.

## 6 - TRANSPORT HECTOMETRIQUE

### A - DESCRIPTION SOMMAIRE

Le transport hectométrique couvre la gamme des distances de transport de quelques centaines de mètres à 2 km tout au plus.

L'innovation concerne de nouveaux systèmes permettant de dépasser largement les performances en capacité et vitesse des trottoirs roulants ou escaliers mécaniques actuels.



Les systèmes envisagés sont de deux catégories : utilisation de petites cabines à débit pratiquement continu, développement de bandes continues à accélération (4 à 5 fois la vitesse du départ).

## B - IMPACTS PREVISIBLES

### Revalorisation des Centres

En raccourcissant les temps de parcours pour les petits trajets, le transport hectométrique peut permettre de donner une unité à des pôles puissants d'activité tertiaire dont les dimensions dépassent les possibilités pratiques du piéton non aidé (exemple : La Défense).

Le transport hectométrique peut permettre également de concevoir des points d'échange dont les dimensions sont beaucoup plus importantes que par le passé (exemple liaison super-parking avec aéroport, liaison entre gares de métro, entre quai de métro et quai SNCF, etc...), d'où un élargissement des possibilités de conception urbanistique des grands points d'échange (ou points d'éclatement).

## C - ENVIRONNEMENT

Des études ont été menées sur ce sujet aux Etats-Unis, en France par l'Aéroport de Paris (Transdec), par le CERAU (Trans 18), par Batelle (Speedaway), etc...

## D - OCCURRENCE

- 3 ans pour les premières réalisations.
- 5 à 10 ans pour un développement plus important.

## 7 - CONTROLE DE SECURITE DU MOUVEMENT DES VEHICULES DE L'EXTERIEUR EN DIFFERENTS POINTS CRITIQUES

### A - DESCRIPTION SOMMAIRE

Sans aller jusqu'à la réalisation totale de la « route électronique », on peut développer des systèmes de contrôle localisés du mouvement des véhicules en des points critiques dans le but d'améliorer la sécurité, par exemple :

- contrôle d'arrêt au stop,
- contrôle d'arrêt devant un feu rouge,
- contrôle d'arrêt dans un sens interdit, etc...

Le véhicule, en passant sur une boucle placée dans la chaussée, reçoit une impulsion codée qui commande automatiquement dans le véhicule le dispositif de freinage ou d'arrêt.

## B - IMPACTS PREVISIBLES

Diminution des accidents.

Etape pour la réalisation d'une véritable « route électronique », avec contrôle automatique de la totalité du mouvement des véhicules.

Augmentation des coûts d'équipement des routes et des véhicules.

## C - ENVIRONNEMENT

Résistance possible des constructeurs d'automobiles, et peut-être même des conducteurs qui perdraient une partie de leur liberté de conduite.

## D - OCCURRENCE

Développement expérimental possible à court terme.

Le développement industriel dépendra des résultats des calculs économiques entre les coûts des systèmes et les gains en sécurité.

## 8 - SYSTEME DE CONTROLE AUTOMATIQUE DE LA VITESSE DE SECURITE DES VEHICULES

### A - DESCRIPTION SOMMAIRE

Lorsqu'il y a congestion, une part importante des accidents est due à des chocs de véhicules du type arrière-avant par suite des insuffisances de réflexe de l'homme dans la conduite en file continue.

Il semble possible de réduire ou même de supprimer ces accidents en développant un système de contrôle automatique du freinage du véhicule, lié à la vitesse relative des véhicules et à leur espacement.

Le contrôle pourrait par exemple consister dans l'utilisation d'un petit radar placé sur l'avant du véhicule, qui fournirait constamment les valeurs de l'espacement et de la vitesse relative avec l'arrière du véhicule qui précède. Ces données seraient utilisées dans un mécanisme électrique de contrôle qui agirait sur le freinage du véhicule (et éventuellement sur son accélération) de façon à éviter constamment la collision tout en collant au plus près du véhicule qui précède.

### B - IMPACTS PREVISIBLES

L'impact principal serait la réduction des accidents dans les situations de congestion en file continue.

Des conséquences secondaires seraient l'accroissement des capacités des routes et autoroutes par suppression des instabilités du trafic en file continue, l'accroissement des vitesses dans les situations de congestion.

Augmentation des coûts d'équipement des véhicules.

## **C - ENVIRONNEMENT**

Des études théoriques importantes ont été menées aux Etats-Unis et en Angleterre sur les phénomènes d'instabilité du trafic en file continue.

Des dispositifs comme ceux proposés sont étudiés par la société de l'Aérotrain pour régler l'espacement de sécurité de ses véhicules en ligne.

## **D - OCCURRENCE**

Il ne semble pas y avoir d'impossibilité théorique de développer rapidement de tels systèmes. Le problème serait de les développer à des prix abordables. Il est probable que le développement de véhicules à moteur électrique favoriserait la diminution du coût car les commandes de décélération et d'accélération seraient probablement plus simples.

On pourrait concevoir une procédure favorisant l'achat de tels appareils en diminuant par exemple les coûts d'assurance automobile sur les engins munis de ces dispositifs.

## **9 - DISPOSITIFS ANTI-POLLUANTS TOTALEMENT EFFICACES ET A BON PRIX**

### **A - DESCRIPTION SOMMAIRE**

Des dispositifs anti-polluants à efficacité partielle ont été mis au point aux Etats-Unis. Des dispositifs plus efficaces et à prix réduit permettraient de supprimer totalement les nuisances de pollution liées à la circulation des véhicules automobiles à moteur à explosion.

Les procédés actuellement envisagés sont de deux types : utilisation de filtres ou recyclage des gaz (élimination des imbrûlés).

Des procédés nouveaux pourraient être utilisés, par exemple, l'utilisation simultanée de gaz naturel et de carburant liquide dans les chambres de combustion des moteurs à explosion, ou encore mieux le moteur à vapeur.

A noter que le moteur électrique fonctionnant sur batterie ou sur pile devrait permettre d'éliminer presque totalement les nuisances de pollution atmosphérique.

### **B - IMPACTS PREVISIBLES**

Réduction de la pollution dans les villes.

Diminution des coûts de ventilation des tunnels pour circulation automobile et des parkings souterrains.

Regain en faveur de l'automobile dans les villes.

Transformation de l'industrie automobile.

### **C - ENVIRONNEMENT**

Les recherches ont jusqu'à présent surtout été menées aux Etats-Unis. Une législation adéquate pourrait sans doute fournir plus d'incitation aux constructeurs pour

trouver des solutions. Loi américaine du 1<sup>er</sup> janvier 1970 : dans cinq ans, les véhicules devront être moins polluants de 90 %. Développements liés à des lois nationales et accords internationaux.

## **D - OCCURRENCE**

Les dates de réalisations pourraient être inférieures à cinq ans si des recherches plus importantes étaient menées avec un réel souci d'aboutir.

## **10 - DISPOSITIFS ANTI-BRUIT**

### **A - DESCRIPTION SOMMAIRE**

Ces dispositifs participent à l'ensemble des améliorations sur le véhicule à moteur à explosion pour réduire les nuisances.

Le bruit d'un véhicule automobile provient essentiellement du moteur (et des transmissions) et du pot d'échappement lorsque sa vitesse est faible. Lorsque la vitesse croît, le bruit du contact des roues sur la chaussée et celui du vent sur la carrosserie prennent une part de plus en plus grande.

Des efforts semblent encore possibles pour réduire le bruit des véhicules à moteur à explosion en accroissant l'insonorisation du moteur et de l'échappement. On pourrait par exemple isoler le moteur dans une enveloppe fermée et s'autoriser des pots d'échappement plus efficace en augmentant la puissance des moteurs.

La mise au point d'un moteur à vapeur serait une solution originale si elle est rentable, pour diminuer considérablement les sources de bruit moteur et échappement.

### **B - IMPACTS PREVISIBLES**

Diminution des nuisances de bruits dans les villes et à proximité des autoroutes.

Réduction de la bande de nuisance non aedificandi à proximité des autoroutes.

## **C - ENVIRONNEMENT**

Des recherches sont en cours chez de nombreux constructeurs mais la nécessité de compétitivité joue un rôle négatif vis-à-vis de toute amélioration même peu coûteuse bien qu'allant dans le sens d'une diminution des nuisances pour les non usagers. Une législation appropriée pourrait remédier à cet état de choses.

## **D - OCCURRENCE**

Liée à une législation rigoureuse contrôlant les émissions de bruit.

## 11 - DISPOSITIFS ANTI-EBLOUISSANTS

### A - DESCRIPTION SOMMAIRE

Il s'agit de développer des dispositifs permettant de réduire l'éblouissement des phares lors des croisements, par exemple en exploitant les principes de polarisation de la lumière.

Lorsque la lumière est polarisée dans un plan, il suffit de la recevoir au travers d'un verre polarisé perpendiculairement pour annuler son intensité.

Les vitres des phares et une portion des pare-brises des véhicules (ou de simples lunettes) pourraient fort bien jouer ce rôle de polarisation perpendiculaire à l'émission et à la réception.

L'automobiliste verrait ainsi la lumière réfléchie émise par ses propres phares sans être ébloui par l'émission directe des phares des véhicules adverses.

### B - IMPACTS PREVISIBLES

Réduction des accidents de nuit.

Amélioration des vitesses de nuit par suppression des croisements en code.

### C - ENVIRONNEMENT

La technique de polarisation de la lumière est bien connue. La mise au point de dispositifs sur les phares et les pare-brises ne devrait pas présenter de grosses difficultés, sinon des problèmes d'accords internationaux.

### D - OCCURRENCE

La généralisation de dispositifs anti-éblouissants semble possible dans un délai maximum de cinq ans, si une législation internationale obligeait à la mise en place de tels dispositifs.

## 12 - MISE AU POINT D'UNE PILE A COMBUSTIBLE A PRIX REDUIT

### A - DESCRIPTION SOMMAIRE

L'objectif du développement de la pile à combustible est d'obtenir une source d'énergie électrique dont le rapport énergie/poids est nettement plus élevé qu'avec les accumulateurs communs.

La pile à combustible est une pile qui consomme du carburant (essence) et produit du courant électrique par un processus électrochimique. Ce processus est différent de celui de l'accumulateur où l'on accumule l'énergie électrique provenant d'une source électrique extérieure.

Le moteur fonctionnant sur pile à combustible comprendrait trois éléments : le réservoir de carburant, la pile et le moteur électrique proprement dit.

## B - IMPACTS PREVISIBLES

Il semble à l'heure actuelle que le développement d'une pile à combustible fiable, à haut rendement et à prix réduit, soit la condition indispensable du développement à grande échelle d'un petit véhicule électrique urbain, c'est-à-dire peu encombrant, peu bruyant et peu polluant.

L'utilisation d'un moteur électrique rendrait par ailleurs, plus facile le développement du contrôle automatique des mouvements du véhicule.

L'impact sur la qualité de l'environnement dans les villes pourrait être très important.

Suppression de certains réseaux d'alimentation d'électricité dans les zones à faible peuplement.

Augmentation de la consommation de cuivre (bobinage des moteurs).

Bouleversement dans l'organisation des distributions de carburant.

Création de nouvelles industries.

Modification éventuelle des besoins en carburant.

### C - ENVIRONNEMENT

Le SAEI (Service des Affaires Economiques et Internationales du Ministère de l'Equipement) a coordonné en 1968, un ensemble d'études sur le petit véhicule urbain et parmi ces études, on peut citer une étude confiée à la GESPA sur le moteur électrique, son alimentation et son contrôle.

Des études importantes au Laboratoire et des essais au stade semi-industriel sont par ailleurs menés dans différents pays et particulièrement aux Etats-Unis et au Japon.

Le développement de la pile se heurte actuellement à des difficultés de mise au point (fiabilité, durée de vie).

### D - OCCURRENCE

Une solution technique a des chances non négligeables de déboucher d'ici cinq à dix ans. Son application à grande échelle au petit véhicule urbain dépendra en grande partie de la volonté de la collectivité publique d'améliorer l'environnement urbain. Des mesures administratives et fiscales seront en effet nécessaires pour favoriser le développement recherché.

## 13 - PETIT VEHICULE URBAIN A UNE OU DEUX PLACES

### A - DESCRIPTION SOMMAIRE

Il s'agit de développer un petit véhicule à nombre de places réduit (par exemple deux places) adapté à la circulation urbaine, c'est-à-dire qui soit le moins encombrant possible et avec très peu de nuisances.

S'il est conçu comme un petit véhicule à moteur à explosion, il ne constitue pas réellement une innovation technologique par lui-même. C'est une utilisation in extenso dans les villes qui constituerait une innovation au niveau des transports urbains.

S'il est conçu comme un petit véhicule à moteur électrique, il profiterait grandement du développement de la pile à combustible (innovation exposée dans une fiche spéciale).

Le véhicule urbain pourrait également fonctionner avec un moteur à vapeur qui réduirait la pollution, ou simplement avec des accumulateurs (rayon d'action journalier 100 km).

Le rayon d'action le plus faible serait celui des petits véhicules fonctionnant sur batterie (par exemple 20 km), mais on pourrait imaginer un réseau très dense de distribution de batteries chargées (échange standard automatique).

## B - IMPACTS PREVISIBLES

Le développement d'un petit véhicule urbain permettrait d'économiser 30 à 40 % de la place disponible de stationnement dans les centres urbains, 15 à 20 % des capacités circulatoires des rues et carrefours et d'une manière générale d'améliorer la qualité de l'environnement si un effort était porté sur la diminution des nuisances (bruit et pollution).

Accroissement du parc en deuxième véhicule dans les ménages.

Développement du transport individuel.

## C - ENVIRONNEMENT

Une étude générale de l'intérêt du petit véhicule urbain a été menée par le SAEI en 1968. Les calculs économiques sur les gains à attendre en matière de stationnement, circulation et nuisances ont été effectués par le BCEOM.

Les résultats montrent que si des coûts de construction raisonnables pouvaient être atteints, en particulier grâce à des progrès concernant le rendement et le coût des piles à combustibles, il y aurait un intérêt pour la collectivité à favoriser la construction de ces véhicules dans la proportion de 25 à 40 % du parc automobile. D'autre part, la location sans chauffeur de petits véhicules urbains paraît être une solution extrêmement intéressante dont il faudrait pousser l'analyse des coûts à partir d'études de système.

## D - OCCURRENCE

De petits véhicules à moteur à explosion ou à moteur électrique fonctionnant sur batterie sont développables rapidement (délai de un à cinq ans). Leur développement dépend particulièrement de la volonté des Pouvoirs publics, affirmée auprès des constructeurs automobiles, de favoriser ce type de véhicule par l'intermédiaire des taxes sur le stationnement, des durées de stationnement, des péages, de la TVA à la construction, des taxes sur les carburants, de la vignette, etc...

Le développement de petits véhicules à moteur électrique serait grandement facilité par celui de la pile à combustible.

# 14 - L'AUTOMOBILE A VAPEUR

## A - DESCRIPTION SOMMAIRE

On remplace le moteur à explosion par un moteur à vapeur, moyennant la mise au point d'un fluide et du dispositif de chauffage, de détente et de condensation approprié.

Le fluide est chauffé par la combustion d'un carburant traditionnel et détendu dans une chambre actionnant un piston (moteur à vapeur).

La combustion régulière permet de minimiser la pollution due aux gaz de combustion.

L'utilisation d'un moteur à vapeur au lieu d'un moteur à explosion devrait diminuer considérablement le bruit du moteur et de l'échappement. Le poids du moteur à vapeur peut être un élément important à son désavantage.

## B - IMPACTS PREVISIBLES

Création de véhicules uniquement urbains (vitesse modérée) peu bruyants et faiblement polluants.

Adaptation importante de l'industrie automobile.

## C - ENVIRONNEMENT

Des laboratoires spécialisés s'intéressent à cette question aussi bien pour les véhicules automobiles légers que pour l'autobus. La société BERTIN a obtenu de la DGRST un contrat de recherche sur le fluide « optimal ».

Moteur à vapeur et pile à combustible peuvent constituer des filières concurrentes dont le développement de l'une pénalise celui de l'autre.

## D - OCCURRENCE

— 5 ans pour des résultats expérimentaux sérieux.

— 10 ans pour un développement industriel, si les résultats expérimentaux s'avèrent très positifs.

# 15 - LE TERRAPLANE

## A - DESCRIPTION SOMMAIRE

Le terraplane est un camion sur coussins d'air susceptible de fonctionner sur des terrains non consistants ou des pistes de qualité très médiocre.

Ce véhicule est muni à la fois de roues pour le guidage et la traction et de juges souples (système BERTIN) pour la sustentation. Un système perfectionné de verins hydrauliques permet d'appliquer sur les roues une fraction voulue du poids en fonction de la consistance du terrain.

Les roues sont munies de palettes pour assurer une propulsion dans des passages courts de boue liquide ou même d'étendue d'eau.

## B - IMPACTS PREVISIBLES

Eviter la construction de pistes coûteuses lorsque le trafic ne le justifie pas.

Supprimer les barrières de pluies en Afrique.

Les barrières de pluies sont posées sur certaines routes et pistes pendant une durée limitée après un orage ou même pendant toute la saison des pluies. Ces dernières routes sont désignées comme « non permanentes » comme au TCHAD.

Il n'est plus possible en effet, pour des camions de circuler sur ces pistes ou routes lorsqu'elles sont imbibées d'eau. Le camion s'embourbe et les coûts d'entretien pour remettre en état les pistes et routes deviennent prohibitifs. Des régions entières sont coupées de tout trafic routier pendant une longue période. Le terraplane pourrait permettre, semble-t-il, de prendre la relève des camions ou véhicules de liaison, dans les conditions les plus défavorables.

Etendre l'accessibilité des camions aux terres agricoles et terrains sans consistance.

## C - ENVIRONNEMENT

La SEDAM qui développe ces appareils a obtenu de la coopération technique un premier contrat pour construire un prototype de 1,2 tonne de charge utile et effectuer des essais en Afrique (1970-1971).

## D - OCCURRENCE

Si les essais en Afrique s'avéraient fructueux, quelques années suffiraient pour mettre au point des appareils de série.

## 16 - LE BIMODE URBAIN

### A - DESCRIPTION SOMMAIRE

Il s'agit de mettre au point un véhicule susceptible aussi bien de fonctionner en conduite autonome avec un chauffeur sur les routes habituelles qu'en conduite entièrement automatique sur des pistes spéciales (site propre), lorsque la voirie ordinaire est congestionnée.

Ce véhicule pourrait ainsi assurer un service porte-à-porte (sans transbordement, ni attente) tout en permettant d'obtenir des capacités de transport beaucoup plus importantes que sur les routes et autoroutes classiques lorsqu'il circule en conduite automatique.

Ce véhicule résoudrait donc fort bien le difficile problème de l'accès aux zones à faible densité (que résout très mal le transport en commun) et de l'accès aux zones très denses (où le véhicule automobile a beaucoup de mal à pénétrer).

Ce véhicule qu'il soit loué ou possédé à titre privé serait probablement conçu comme un petit véhicule à deux places avec un moteur électrique fonctionnant sur batterie (ou pile à combustible) sur voirie ordinaire et en prise directe sur une alimentation électrique le long des voies spécialisées en conduite automatique.

Il serait donc peu encombrant, peu polluant, peu bruyant.

## B - IMPACTS PREVISIBLES

— Diminuer la congestion dans les centres urbains.

— Renforcer le rôle du centre.

— Favoriser les rénovations urbaines.

— Conversion partielle de l'industrie automobile.

— Développement important de l'industrie électrique et électronique.

— En contrepartie, investissement important de construction de voies spécialisées, et coût supplémentaire d'équipement des véhicules.

## C - ENVIRONNEMENT

De nombreuses recherches théoriques ont déjà été effectuées tant aux Etats-Unis que dans d'autres pays. Exemple, la STARRCAR D'ALDEN et l'URBMOBILE du CORNELL AERONAUTICAL LABORATORY.

Un pouvoir urbain important serait utile pour le développement.

## D - OCCURRENCE

Le bimode urbain, de l'avis des spécialistes, semble bien l'appareil de transport idéal pour les villes, mais sa mise au point nécessitera, dans les cas les plus favorables où une politique volontariste de développement sera menée, 10 à 15 ans pour son développement complet.

La construction de l'infrastructure en site propre pourrait être progressive, ce qui peut présenter des avantages spéciaux dans la réalisation des villes nouvelles.

## 17 - TAXI URBAIN SANS CHAUFFEUR

### A - DESCRIPTION SOMMAIRE

Il s'agit de mettre à la disposition du public des véhicules en location sans chauffeur moyennant une organisation appropriée à un usage urbain du stockage et de la perception de la location.

On pourrait concevoir un réseau de location à implantations assez rapprochées (maillé de 500 m à 1 km par exemple). La perception de la location serait effectuée par insertion de pièces de monnaie ou par contrôle d'une carte magnétique. Les taxis urbains sans chauffeur disposeraient de parkings spéciaux à faible encombrement où l'on « empilerait » les véhicules.

### B - IMPACTS PREVISIBLES

Diminution du parc de véhicules en ville par une meilleure rotation des véhicules utilisés en commun.

Diminution des coûts de transport en ville.

Diminution des besoins en places de stationnement dans les centres urbains.

Diminution des dépenses de la collectivité dans les infrastructures voirie et parking dans le centre urbain.

Risques de reconversion partielle de l'industrie automobile.

Frein probable à l'acquisition de la deuxième voiture dans les ménages.

## **C - ENVIRONNEMENT**

L'idée est ancienne. Les éléments techniques du système sont peu difficiles à mettre au point. L'organisation d'ensemble est par contre à étudier de près. Les groupes d'intérêt susceptibles de faire opposition au développement du taxi urbain sans chauffeur, sont principalement les industries de l'automobile, les compagnies de taxis et les syndicats de chauffeurs de taxi.

Le développement nécessiterait par ailleurs une politique spécifique d'incitation, en particulier sous forme d'une tarification diversifiée du stationnement dans le centre urbain, qui serait justifiée par les avantages de moindre encombrement et de moindres nuisances.

## **D - OCCURRENCE**

Dépendre de l'intérêt pris par les collectivités locales dans les systèmes de ce genre.

## **18 - L'INFORMATION VISUELLE SANS SUPPORT PHYSIQUE POUR LA SIGNALISATION ROUTIERE**

### **A - DESCRIPTION SOMMAIRE**

Sous le terme général d'holographie, on désigne un ensemble de procédés techniques permettant de reconstituer une image dans l'espace sans support physique. L'image est émise à partir d'une surface traitée spécialement appelée hologramme, traversée généralement par une lumière monochromatique (à l'aide d'un laser). L'image peut être aperçue en avant de la surface traitée, ce qui fait le principal intérêt de cette invention.

Dans le domaine routier, on peut utiliser ces procédés pour mettre en place des indications en des emplacements où un support physique présenterait soit des impossibilités physiques soit des inconvénients d'insécurité (par exemple sur certaines sorties d'autoroutes).

### **B - IMPACTS PREVISIBLES**

Amélioration des informations visuelles sur route. Diminution des accidents.

## **C - ENVIRONNEMENT**

Des essais ont surtout été menés aux Etats-Unis en vue d'application à la route. De grands progrès restent à faire tant pour réduire la puissance consommée qu'augmenter les dimensions de l'image et sa clarté.

Le développement viendrait probablement d'applications dans d'autres domaines.

## **D - OCCURRENCE**

De 10 à 20 ans dans des cas précis.

## **19 - INFORMATION VISUELLE EXTERNE AUX VEHICULES SUR LES ROUTES A SUIVRE**

### **A - DESCRIPTION SOMMAIRE**

Il s'agit d'informer, par des panneaux mobiles, les automobilistes sur les routes les meilleures à suivre. Arrivé à une bifurcation entre deux itinéraires possibles (appelé point de choix), l'automobiliste est averti de l'état de la congestion et un conseil lui est donné sur la meilleure route à suivre soit par l'intermédiaire d'une flèche mobile, soit en indiquant les temps de parcours prévisibles sur chacun des deux itinéraires. Les innovations concernent le matériel utilisé, les indications, le matériel de contrôle.

### **B - IMPACTS POSSIBLES**

Meilleure utilisation des capacités existantes, d'où possibilité de retarder la réalisation de certains grands investissements routiers.

Diminution des accidents.

Amélioration des vitesses.

En contrepartie, augmentation des coûts d'équipement et de fonctionnement du réseau routier.

## **C - ENVIRONNEMENT**

Une réalisation expérimentale avait été mise au point aux 10<sup>e</sup> Jeux Olympiques d'Hiver de Grenoble.

Une autre opération de délestage dite « Opération Bourgogne » a été montée par le Ministère de l'Équipement au cours de l'été 1970.

D'autres opérations sont à l'étude dans la Région parisienne.

## **D - OCCURRENCE**

Dans les 5 à 10 ans.

## 20 - INFORMATIONS AUDIOVISUELLES A L'INTERIEUR DES VEHICULES

### A - DESCRIPTION SOMMAIRE

Il s'agit de dispositifs intérieurs aux véhicules permettant de transmettre des signaux sonores ou visuels commandés de l'extérieur.

Ces signaux pourraient être utilisés pour indiquer la route à suivre à un conducteur.

Le guidage radio actuel est une première étape dans le guidage par signaux sonores intérieurs au véhicule.

Des émetteurs locaux émettant sur de faibles distances permettraient de particulariser l'information intéressant les seuls conducteurs passant sur une section donnée (situation du trafic en aval).

Les signaux visuels à bord du véhicule présentent l'inconvénient de distraire le conducteur de la conduite proprement dite. Ces signaux peuvent être placés sur le tableau de bord ou mieux, être aperçus par le conducteur comme une image réfléchie sur le pare-brise. Les signaux consisteraient en des indications de mouvement à un carrefour (tourne-à-droite, etc...) pour aboutir à une destination présélectionnée, en des indications de sécurité comme une indication de stop à un carrefour ou une indication de danger (accident en aval).

Les signaux à bord du véhicule peuvent servir d'élément terminal à un système de contrôle de la circulation utilisant des délestages scientifiques.

### B - IMPACTS PREVISIBLES

Meilleure utilisation des capacités routières grâce à une meilleure information des conducteurs.

Développement du tourisme.

Développement de l'industrie électronique.

### C - ENVIRONNEMENT

Des recherches ont été menées aux Etats-Unis pour développer des systèmes de visualisation à l'intérieur des véhicules, par exemple pour indiquer les mouvements à opérer à un carrefour pour suivre un itinéraire (système ERG). Des expérimentations sur un système automatique de déstagement scientifique ont été réalisées par le BCEOM à l'occasion de contrôle de la circulation entre Lyon et Grenoble pendant les 10<sup>e</sup> Jeux Olympiques d'Hiver de Grenoble.

D'autres études et expérimentations de type analogue sont actuellement en cours dans la Région parisienne.

### D - OCCURRENCE

Le développement, réalisable à court terme au titre expérimental, dépendra du prix de revient, car des systèmes de visualisation extérieure aux véhicules sont également une solution possible.

## 21 - LE GUIDAGE AUTOMATIQUE DES AUTOBUS

### A - DESCRIPTION SOMMAIRE

Les autobus seraient pris en charge en conduite totalement automatique sur des voies spéciales ou sur une partie réservée de la voirie.

Si l'autobus peut à la fois circuler en conduite manuelle sur la voie ordinaire et en conduite automatique sur des voies spécialisées, on rejoint le concept du véhicule bi-mode.

Le système de conduite automatique permettrait d'augmenter les capacités de transport, tout en accroissant la sécurité par un guidage précis et sûr.

### B - IMPACTS PREVISIBLES

Des autobus entièrement automatiques permettraient éventuellement d'éliminer le personnel de conduite, donc d'envisager des véhicules de plus petite capacité, d'où une amélioration des fréquences et de la qualité de service.

Favorable au développement ou tout au moins à la survie de nos vieux centres urbains.

En contrepartie, coût important des infrastructures spéciales et des équipements spéciaux à bord des véhicules.

### C - ENVIRONNEMENT

Des dispositifs de guidage semi-automatique sur un axe bien défini ont déjà été étudiés en Angleterre (Troughways Rapid Transit System).

Il n'y a pas de grande différence entre le concept d'autobus à conduite entièrement automatique et des systèmes de véhicules à gabarit moyen sur voie spécialisée comme les systèmes NET de SRI.

La reconversion du personnel de conduite pourrait trouver une opposition de la part des syndicats.

### D - OCCURRENCE

Pas avant 10 ou 15 ans.

## 22 - LE RADIO-BUS (DIAL-A-BUS) OU AUTOBUS A LA DEMANDE

### A - DESCRIPTION SOMMAIRE

Il s'agit d'une idée développée aux Etats-Unis d'obtenir un usage plus intensif des autobus grâce à une optimisation en temps réel des routes d'un parc d'autobus donné pour satisfaire au mieux la demande d'une clientèle communiquant au fur et à mesure ses besoins de transport par téléphone jusqu'à un centre de contrôle et de gestion du parc d'autobus.

## **B - IMPACTS PREVISIBLES**

Développement du transport en commun dans **les zones à faible densité urbaine**.

Accroissement des possibilités de choix en matière de transport dans les villes.

Incitation à l'usage du transport en commun par l'amélioration de la qualité de service.

## **C - ENVIRONNEMENT**

Des essais de simulation ont été effectués aux Etats-Unis et un essai expérimental en vraie grandeur est en cours. La mise au point du software (programme d'optimisation en temps réel) est assez délicate.

## **D - OCCURRENCE**

Un développement dépassant le stade expérimental pourrait être atteint d'ici 3 à 5 ans, si les résultats s'avèrent très positifs.

## **23 - IDENTIFICATION AUTOMATIQUE DES VEHICULES**

### **A - DESCRIPTION SOMMAIRE**

Il s'agit de mettre au point des dispositifs permettant une identification automatique à distance des véhicules automobiles.

Un émetteur placé au bord de la route émet par exemple une source d'énergie qui est renvoyée codée par un dispositif à l'intérieur du véhicule. Le signal est décodifié par un analyseur situé au bord de la route et l'information est stockées sur place ou envoyée à un centre de traitement de l'information.

### **B - IMPACTS PREVISIBLES**

Péage automatique.

Taxe de circulation urbaine facile à moduler en fonction de la congestion, d'où meilleure utilisation de la voirie dans les centres des villes.

Contrôle de la localisation des véhicules (véhicules de police, pompiers, autobus, taxis, etc...).

En contrepartie, dépenses supplémentaires d'équipement des routes et des véhicules.

### **C - ENVIRONNEMENT**

Des dispositifs existent déjà pour l'identification des wagons de marchandises.

Des dispositifs pour l'automobile sont étudiés par des sociétés françaises comme TRT par exemple.

Ces dispositifs pourraient être mal accueillis par le public qui pourrait y voir une atteinte à la vie privée.

## **D - OCCURRENCE**

Possibilité 3 à 5 ans.

## **24 - CONTROLE CENTRALISÉ ET OPTIMISÉ DU TRAFIC URBAIN PAR L'INTERMEDIAIRE DES FEUX ET DES ROUTAGES**

### **A - DESCRIPTION SOMMAIRE**

Il s'agit de développer des systèmes de contrôle de la circulation urbaine en utilisant à la fois des feux et signalisation et des indications de routage.

On peut en effet diminuer la congestion, donc utiliser au mieux les possibilités de la voirie urbaine existante, soit en adaptant les intervalles de passage autorisé sur les branches des carrefours en fonction du trafic (système à feux adaptatifs), soit en orientant une partie des automobilistes assez en avant d'un itinéraire congestionné vers d'autres itinéraires moins congestionnés.

La combinaison des deux méthodes fournit un système original et très satisfaisant de contrôle de la circulation.

Il exige une connaissance approfondie et instantanée de la situation sur le réseau, ainsi que des calculs très nombreux et très fréquents pour réajuster le contrôle du trafic. Seule une centralisation automatique des informations, et un traitement avec un ordinateur puissant permettent de faire face à ces exigences.

L'innovation portera aussi bien sur le hardware (matériel) que sur le software, c'est-à-dire les principes et algorithmes utilisés pour optimiser l'écoulement du trafic. par exemple en favorisant le transport en commun au passage des feux.

### **B - IMPACTS PREVISIBLES**

Meilleure utilisation des capacités des voies urbaines.

Diminution de la congestion.

Augmentation des vitesses.

### **C - ENVIRONNEMENT**

Des systèmes de délestage sur routes en rase campagne ont déjà été utilisés et leur intérêt démontré.

Les systèmes de contrôle de feux centralisés avec ordinateur ont déjà été installés dans un certain nombre de villes comme à Madrid, par exemple.

Il suffirait maintenant de regrouper les deux procédés en un seul système opérationnel.

### **D - OCCURRENCE**

De 3 à 5 ans.



## 25 - L'AUTOROUTE ELECTRONIQUE

### A - DESCRIPTION SOMMAIRE

« L'autoroute électronique » correspond à un concept de contrôle automatique de l'ensemble des véhicules sur une autoroute.

Les dispositifs de contrôle du véhicule peuvent être à effet partiel (aide aux conducteurs) ou totaux (conduite entièrement automatique).

Les avantages attendus sont la réduction des accidents et un accroissement de la capacité circulaire des autoroutes par substitution des réflexes trop lents du conducteur par des mécanismes automatiques quasi-instantanés.

« L'autoroute électronique » fait partie du concept général de véhicule bimode.

Les dispositifs actuellement en expérimentation sont plutôt du type « aide au conducteur » comme la régularisation de vitesse de sécurité, le contrôle automatique de l'accès aux autoroutes par détection de créneaux dans le courant principal, etc...

### B - IMPACTS PREVISIBLES

Modification de « l'image » de la voiture.

Accroissement des capacités et des vitesses sur autoroutes.

Diminution des accidents.

Diminution des fatigues de conduite.

Transport de marchandises sans chauffeur.

En contrepartie, accroissement important des coûts d'équipement des autoroutes et des véhicules.

### C - ENVIRONNEMENT

Des études ont été menées aux Etats-Unis et en Angleterre pour commander le mouvement des véhicules à distance sur une route.

Des dispositifs ont été expérimentés en Allemagne pour guider le conducteur dans le choix de vitesses grâce à un affichage mobile de vitesse de sécurité. L'insertion de véhicules dans un flot autoroutier grâce à un contrôle automatique a été déjà expérimenté et appliqué aux Etats-Unis.

### D - OCCURRENCE

— De 1 an à 5 ans pour des dispositifs partiels.

— De 15 ans à 20 ans pour une conduite totalement automatique.

## 26 - EXPLOITATION GÉNÉRALISÉE DES CONTAINERS DANS LE TRANSPORT ROUTIER

### A - DESCRIPTION SOMMAIRE

La containerisation est maintenant une notion bien connue mais son emploi est encore limité à des situations bien précises (transport combiné rail-mer, route-mer, rail-route). Le container \* est une enveloppe dans laquelle on regroupe des marchandises. Cette enveloppe est conçue de façon à pouvoir être transportée facilement aussi bien sur des camions que sur des navires ou sur des trains. Ses dimensions sont donc standardisées et sa manipulation est rendue très facile par des dispositifs adéquats.

La généralisation du procédé aux transports routiers se heurte aux difficultés de groupage des marchandises et à la structure même des transports routiers. Des changements importants dans l'organisation de ces transports permettant la généralisation de la containerisation constitueraient, s'ils étaient possibles et souhaitables, une véritable innovation.

### B - IMPACTS PREVISIBLES

Plus grande rationalité des transports.

Diminution des coûts.

Modification des réseaux.

### C - ENVIRONNEMENT

Les études et applications de la containerisation se multiplient partout dans le monde.

### D - OCCURRENCE

De 5 à 10 ans.

\* Ou conteneur.

## 2 - TRANSPORT FERROVIAIRE

Le turbo-train (type Paris-Cherbourg),  
le rail-jet,  
l'aérotrain,  
l'URBA,  
le jet train (sonic pillar guideway jet train),  
le train supersonique (Supersonic Rocket Train),  
les innovations et principales recherches de la SNCF dans  
le domaine de l'exploitation,  
tels sont les sujets traités dans les fiches techniques sui-  
vantes.

### 1 - TURBO-TRAIN (Type Paris-Cherbourg)

#### A - DESCRIPTION SOMMAIRE ET OBJECTIFS

L'idée à l'origine du turbotrain est, pour obtenir une puissance de traction donnée, d'utiliser les qualités de légèreté et de compacité des turbines à gaz. La turbine constitue un avantage considérable par rapport aux autres moteurs de traction autonomes. La conjonction puissance et légèreté entraîne la possibilité d'augmenter les vitesses, but final de ces progrès. Citons les principales caractéristiques du turbo-train :

- grande vitesse (maximum atteint : 236 km/heure).
- excellents résultats obtenus en fait d'insonorisation - marche au combustible diesel ordinaire, transmission facile grâce au choix du type turbine-libre,
- espacement en temps des révisions du moteur porté à plusieurs milliers d'heures comme conséquence de la suppression des mouvements alternatifs,
- possibilité d'utiliser, moyennant quelques aménagements spéciaux dans les courbes, l'infrastructure existante du chemin de fer, pour faire circuler des rames rapides et légères,
- sérieuse réduction de la pollution causée par le fonctionnement de la turbine par des réglages fins que permettent les progrès de la technique et la plus grande facilité de tels réglages au sol.

**Remarque :** Les Russes ont en expérience un autorail ordinaire à deux bogies porteurs, auquel ils ont adapté deux réacteurs d'aviation. Ils espèrent atteindre une vitesse de 250 km/heure. (Réf. La vie du rail - 31 janvier 1971).

#### B - IMPACTS PREVISIBLES

Il existe un hiatus entre 500 km, ordre de grandeur du minimum économique de distance de transports aériens et 150 km, maximum économique pour les migrations terrestres du type grande banlieue. Le turbo-train permet de combler cette lacune et de contribuer à l'extension de grandes banlieues. Dans tous les cas où le trafic n'atteint pas le seuil de rentabilité de l'électrification, le turbo-train permet d'augmenter les vitesses et les fréquences, avec très peu d'investissements nouveaux. Il prend très efficacement la relève de l'électrification à ces niveaux de trafic.

La desserte par turbo-train, dans une certaine fourchette de distances, peut retarder la date optimum de construction d'une autoroute, sans engager définitivement l'avenir, à cause des faibles investissements qu'il nécessite. Dans le centre des villes, elle peut freiner la régression de l'activité du quartier des gares.

Enfin sur certaines relations, le turbo-train est un concurrent de l'avion.

#### C - ENVIRONNEMENT

a - Le turbo-train bénéficie des progrès de la turbine obtenus dans l'industrie aéronautique. Réciproquement ce nouveau type d'application peut favoriser le développement de la technique de la turbine.

b - La SNCF, en mettant au point un service sur Paris-Caen-Cherbourg, joue un rôle très utile de promoteur aussi bien pour la technique turbo-train que pour les techniques concurrentes. La réussite obtenue sur Paris-Cherbourg : vitesse et fréquence très améliorées permettant d'assurer facilement un aller-retour efficace entre Paris et Caen dans une grande demi-journée, peut être étendue sur Paris-Lyon (où le turbo-train serait en concurrence avec l'aérotrain soit sur Paris-Bordeaux, soit sur Paris-Lille-Bruxelles, soit sur Paris-Londres via le tunnel sous la Manche.

#### D - OCCURRENCE

Le turbo-train peut être appelé à se développer à la suite du succès de sa première application. Technique facile à mettre en œuvre et n'exigeant pas de gros investissements.

## 2 - RAIL-JET

### A - DESCRIPTION SOMMAIRE ET OBJECTIFS

Le rail-jet utilise les voies de chemin de fer existantes. Le moteur et le frein utilisent le principe du moteur électrique linéaire. L'originalité du système vient du fait que c'est le rail qui sert d'induit, les bobines inductives étant liées au véhicule et encadrant le rail. Dans le système Merlin-Gérin, le véhicule est supporté par coussin d'air et un rail d'aluminium sert simplement d'induit encadré par les bobines inductrices. Le rail-jet n'utilise pas la suspension sur coussin d'air. Les rails servent à la fois comme porteurs et comme induits. Le freinage s'opère par inversion du courant dans les bobines. Le courant est fourni à chaque véhicule par un groupe turbo-alternateur individuel qui donne un courant à fréquence élevée.

L'accélération et le freinage sont ainsi indépendants de l'adhérence. Les distances de freinage sont, toutes choses égales d'ailleurs, sérieusement inférieures à celles des modes de freinage classique.

Encore qu'aucune réalisation n'ait été faite en vraie grandeur, les promoteurs pensent atteindre facilement des vitesses de 200 à 300 km à l'heure pour peu que le guidage par les rails le permette, en particulier dans les courbes.

L'avantage du rail-jet réside dans le fait qu'il n'y a rien à modifier à l'infrastructure, sauf dans les courbes de trop faible rayon. L'expérience doit par contre montrer si l'autonomie de chaque véhicule quant à sa fourniture d'énergie n'est pas trop coûteuse d'équipement et d'entretien.

### B - IMPACT PREVISIBLE

Ce système est concurrent du turbotrain pour la liaison interurbaine à distances moyennes ou courtes (de la grande banlieue jusqu'à 500 km). Les nuisances sont les mêmes que celles du turbo-train. Celle du bruit peut donc être considérée comme résolue. La pollution peut être ramenée à des niveaux admissibles.

### C - ENVIRONNEMENT

La SNCF et les constructeurs intéressés doivent poursuivre leurs expériences qui ont à la fois pour but des comparaisons économiques avec les systèmes plus avancés et un développement général de cette technique nouvelle.

### D - OCCURRENCE

La SNCF a commandé en 1969 deux moteurs destinés à l'expérimentation. On doit en attendre les résultats.

## 3 - L'AÉROTRAIN

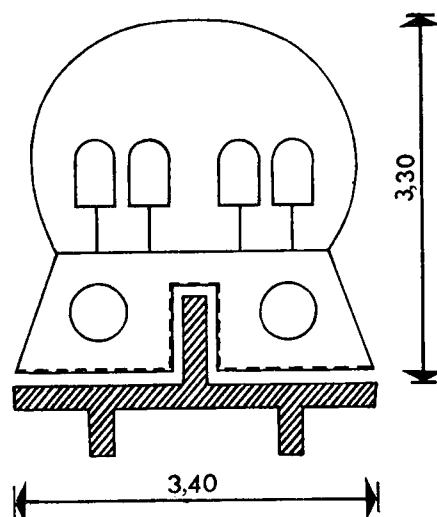
### A - DESCRIPTION SOMMAIRE ET OBJECTIFS

L'aérotrain (système Bertin) est un moyen de transport en site propre auquel la suspension sur coussin d'air apporte des avantages très importants qui se cumulent avec ceux de la traction par moteur linéaire. Ces avantages consistent dans la suppression des embouteillages (site propre), la

suppression de la pollution atmosphérique et du bruit, l'augmentation du confort (coussin d'air) et des vitesses (qui peuvent être supérieures à 300 km/heure) ainsi que l'augmentation des fréquences.

L'utilisation de la traction électrique à moteur linéaire est un progrès sur la traction par hélice carénée et moteur d'avion, ce dernier système restant intéressant pour les liaisons interurbaines à vitesse élevée.

L'aérotrain nécessite en voie courante une infrastructure surélevée pouvant passer en tunnel ou en tranchée pour éviter certains obstacles ou respecter certains sites. Cette voie n'est pas aussi coûteuse pour supporter l'aérotrain que pour donner passage à un transport classique de même importance, à cause de la meilleure répartition des poids sur toute la surface des coussins d'air et de la réduction des efforts dynamiques.



Coupe schématique de l'aérotrain et de sa voie de glissement. Cette voie peut être en viaduc, au sol, ou en souterrain.

Les caractéristiques des matériels actuellement en cours de développement en France sont les suivantes :

— **version interurbaine**, actuellement en essais sur une voie de 18 km au Nord d'Orléans : véhicule de 80 places, propulsé par hélice carénée avec vitesse maximale continue de 265 km/heure ; capacité maximale d'une ligne : 4 800 passagers/heure dans chaque sens avec un espacement de l'ordre de la minute.

Poids total	20 tonnes
Charge marchande	7,5 tonnes
Puissance de sustentation	420 kW
Puissance de propulsion	2 200 kW

— **version suburbaine**, qui fait l'objet d'une expérimentation technique sur une voie de 3 km à Gonnets : véhicule de 40 places propulsé par moteur électrique linéaire ; capacité maximale d'une ligne : 5 000 passagers/heure et par sens (espacement de l'ordre de la minute avec accouplement entre véhicules).

Poids total	12 tonnes
Charge marchande	3,5 tonnes
Puissance de sustentation	175 kW
Puissance de propulsion	400 kW

#### Coûts

D'après les chiffres cités par M. GIOVACHINI (conférence sur les applications du coussin d'air, 4 mai 1970) pour la

version interurbaine, aux conditions économiques de janvier 1969, en supposant un coefficient d'occupation de 0,80, avec un taux d'actualisation de 10 % et si l'infrastructure est amortie sur 40 ans, les coûts hors TVA sont les suivants :

#### Coûts directs d'exploitation

Pour des trafics compris entre 3 500 et 10 500 passagers par jour dans les deux sens, ces coûts sont indépendants du niveau de trafic et sont compris entre 6 et 7 centimes par passager/km.

#### Coûts de l'infrastructure

L'incidence de l'amortissement de l'infrastructure au voyageur, kilomètre est très sensible au niveau de trafic.

Pour une ligne analogue à celle d'Orléans, ce coût est de l'ordre de 2,8 MF par km pour une voie double en béton en rase campagne, compte non tenu du prix des expropriations et servitudes de survol, de la signalisation des suppléments de coût liés à un tracé particulier (ouvrages spéciaux) et des intérêts intercalaires.

## B - IMPACTS PREVISIBLES

Les emplois potentiels de l'aérotrain peuvent être classés en deux fonctions :

— **transport interurbain**, où il apparaît un complément aux services existants : c'est le type aérotrain de vitesse comprise entre 250 et 450 km/heure, de capacité unitaire par véhicule comprise entre 50 et 100 passagers, adapté à des distances de 100 à 500 km.

Cette utilisation peut répondre au transport sur des zones à haute densité de population : Boston - New York - Washington, ou sur des liaisons très fréquentées comme Paris-Lyon, Paris-Rouen.

— **transport suburbain et à moyenne distance** : de 20 à 100 km où il apparaît comme un complément des modes de transport existants.

C'est le type aérotrain suburbain de vitesse comprise entre 150 et 250 km/h, de capacité unitaire par véhicule pouvant varier entre 20 et 80 passagers en unité simple et à propulsion par moteur électrique linéaire.

Cette utilisation peut être envisageable dans les liaisons du type ville-aéroport, métropole-villes nouvelles, métropoles-villes régionales.

Elle permet l'élargissement des zones suburbaines et l'amélioration des relations dans les banlieues existantes. En particulier elle peut favoriser la structuration de dessertes non rayonnantes quand ces dessertes répondent à un besoin suffisant.

## C - ENVIRONNEMENT

Comme on l'a vu, deux matériels sont en cours de développement en France. La question posée est celle de l'expérimentation commerciale. La société de l'Aérotrain souhaiterait construire notamment une ligne Orly-Roissy en France, avec raccordement au RER à Joinville-le-Pont.

## D - OCCURRENCE

L'aérotrain interurbain se heurte à la concurrence du turbotrain, qui présente l'avantage d'utiliser des infrastructures existantes, au moins pour la pénétration dans les agglomérations et qui a pris une certaine avance dans les applications opérationnelles, ainsi qu'à celle des futurs avions à décollage court ou vertical.

L'aérotrain suburbain peut répondre à des besoins spécifiques où il semble mieux placé par rapport aux modes concurrents. L'expérimentation commerciale « en vraie grandeur » conditionne le développement futur de ce mode nouveau de transport.

## 4 - L'URBA

### A - DESCRIPTION SOMMAIRE ET OBJECTIFS

L'URBA est un train aérosuspendu sous une voie poutre et propulsé par un moteur électrique linéaire. L'URBA ne diffère de l'aérotrain que par la position du chemin de glissement qui le supporte. Ce chemin est inférieur dans le système aérotrain et supérieur dans le système URBA.

L'objectif poursuivi par l'URBA est la desserte rapide et fréquente des environnements des grandes villes (liaison avec les aéroports par exemple) ou la circulation dans ces villes elles-mêmes.

Les avantages sont le silence, la fréquence, la vitesse, la sécurité, la fiabilité qui sont attachés à la traction par moteur électrique linéaire. Le confort dans les courbes est assuré par le fait que le véhicule peut, dans certaines conditions d'amortissement des oscillations, prendre l'inclinaison correspondant exactement à chaque vitesse.

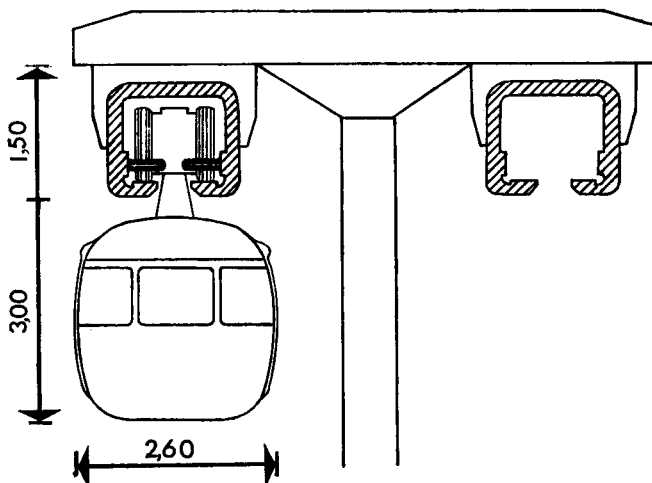


Schéma du système URBA.

Le système URBA (brevet de M. BARTHALON), actuellement à l'étude, destiné aux transports urbains est composé d'un train de deux véhicules aérosuspendus du type « URBA » : véhicule de quatre places propulsé par trois moteurs électriques linéaires, de vitesse maximale de 45 km/h ; les essais ont été effectués sur une voie de 80 m à l'Ecole centrale lyonnaise.

Caractéristiques de l'URBA 30 (à l'étude).

Capacité	30 places
Poids total	4,5 tonnes
Charge marchande	2,3 tonnes
Vitesse maximale	70 km/h
Débit maximal passagers/heure et/sens	5 000 à 10 000
Propulsion électrique à induction linéaire	
Puissance de sustentation	50/60 kW
Puissance de propulsion	80 kW

### B - IMPACT PREVISIBLE

Les avantages de pénétration ou de circulation dans les villes avec des qualités spéciales de confort, de rapidité, de fréquence, de silence, d'absence de pollution sont les

mêmes que pour les autres systèmes sur coussin d'air et propulsion électrique. L'URBA entre en concurrence avec les modes de transport urbains classiques.

## C - ENVIRONNEMENT

La comparaison avec l'aérotrain doit se faire, cas par cas, des points de vue : coût du chemin de glissement supérieur ou inférieur, nuisance sociale (couper ou non les circulations au niveau du sol), facilité d'insertion en milieu urbain et coût d'entretien du chemin de glissement (avantage à l'URBA). La consommation d'énergie est a priori équivalente pour les deux systèmes mais les expériences entreprises ou envisagées jusqu'à présent l'ont été à des vitesses trop faibles pour constituer une augmentation relative significative par rapport aux moyens de transport existants (autobus, métro, voiture particulière).

La réalisation d'une bande d'essais techniques de 600 m de long avec des véhicules accouplables de 20 à 30 places, de vitesse maximale égale à 70 km/heure est envisagée à Grenoble (URBA 20 et 30).

## D - OCCURRENCE

Système partiellement en concurrence avec l'aérotrain, l'autobus classique et la voiture particulière. Il convient de signaler les difficultés de l'expérimentation du système URBA à une échelle suffisante pour en apprécier les mérites et le coût.

## 5 - JET-TRAIN

### A - DESCRIPTION SOMMAIRE ET OBJECTIFS

Système expérimenté depuis 1968 sur modèle réduit au Japon (Meijo University) par le Professeur Kyunojo OZAWA. Le prototype vraie grandeur serait constitué par un train à vitesse subsonique (mach 0,8 ou 980 km/heure) - longueur 220 m, diamètre du fuselage 5 m. Voie en site propre surélevée (viaduc) - espacement des piles : 100 m. Véhicule de section circulaire supporté en marche par appuis à rouleaux espacés de 25 m. Rayon minimum en plan : 2500 m. Propulsion par 4 turbo jets soit  $4 \times 10\,000$  kg de poussée.

Capacité : 1000 voyageurs ou 100 t de fret. Possibilité de transport des voyageurs avec voiture accompagnée.

Moyen de liaison à grand rendement entre villes importantes espacées de 400 à 1000 km (couloir N.E. aux USA - liaison entre métropoles japonaises).

Avantages : vitesse, sécurité de fonctionnement ; possibilités d'utiliser les entrées de villes des chemins de fer existants en y installant le jet train en superstructure. Très faibles frais de main-d'œuvre en exploitation. Pas de nuisance bruit car les jets ne sont allumés qu'en dehors des agglomérations. Les premiers rouleaux support sont également moteurs et assurent le départ. Stabilisation par trois dérives horizontales et deux gouvernails verticaux.

## B - IMPACT POSSIBLE

Liaisons entre grandes métropoles européennes jusqu'à 1000 ou 1500 km avec la concurrence de l'aviation.

Effet d'entraînement de telles recherches en dehors de leur domaine strictement limité.

## C - ENVIRONNEMENT

Plusieurs essais sur modèles réduits à échelle variable réalisés avec succès depuis 1969 au Japon. Les expériences se poursuivent.

## D - OCCURRENCE

On ne peut faire aucune prévision dans l'état actuel des expériences.

## 6 - TRAIN FUSEE SUPERSONIQUE

Expériences sur modèle réduit effectuées à la Meijo University (Japon) par le Professeur OZAWA.

### A - DESCRIPTION SOMMAIRE

Train devant circuler à Mach 2 pour franchir l'espace entre deux grandes villes éloignées de 400 à 1500 km. Pour réduire la résistance de l'air, le bruit en marche et l'énergie nécessaire, le véhicule calibré à section circulaire circule dans un tunnel étanche où est maintenu un vide très poussé (5 mm de mercure).

L'impulsion est donnée par un rocket qui brûle son combustible en 1,6 secondes pour le modèle (durée prévue : 65 secondes sur le prototype). (Poids du rocket expérimental 9,6 kg. Poussée 350 kg).

Aucun système à rouleau ne pouvant résister, le tunnel est calibré et à très grande vitesse, la nacelle flotterait littéralement dans l'axe du tunnel. Ce dernier étant protégé par une gaine circulaire intérieure en vinyl. Les inventeurs prétendent que l'expérience sur modèle est encourageante.

Il reste à résoudre le problème du freinage, le problème du bruit au départ, avant l'entrée de l'engin dans le tunnel. Dans l'expérience d'avril 1969, le fuselage du modèle a été complètement détruit bien que constitué en acier au chrome molybdène. Le dispositif de freinage à l'extrémité du tube a également beaucoup souffert.

### B - IMPACTS PREVISIBLES

Nombreux problèmes d'environnement à résoudre : bruit, prix, accélération et décélération. Réactions du corps humain.

Enseignements positifs tirés de l'expérience :

— bon comportement du rocket dans l'air et dans le vide,

— bon comportement des films de vinyl qui protègent l'intérieur du tunnel,

— l'inertie permet au modèle de se propulser sur plus de 1 000 m après la fin de la combustion.

Il ne faut pas négliger le bénéfice d'entraînement que procurent de telles recherches, au progrès général, scientifique ou appliqué. L'importance des recherches japonaises, même si elles ne doivent pas aboutir à court terme, donne la mesure du bénéfice qui en est attendu.

## C - ENVIRONNEMENT

Les Japonais sont les seuls à poursuivre des expériences sur le sujet.

## D - OCCURRENCE

Les inventeurs sont convaincus de la fiabilité de leur système dans un avenir pas trop éloigné, par exemple pour la liaison voyageurs entre Tokyo et Nagoya.

## 7 - INNOVATIONS ET PRINCIPALES RECHERCHES DE LA SNCF

dans le domaine de l'exploitation

### A - DESCRIPTION SOMMAIRE ET OBJECTIFS

La SNCF fait actuellement de nombreuses recherches pour freiner ou arrêter ou inverser l'évasion de son trafic vers les moyens concurrents. La dégradation de la part du chemin de fer dans le trafic total n'est que relative et, dans l'absolu, le trafic ferroviaire continue à croître mais bien moins vite que pour ses concurrents.

Les recherches d'amélioration portent sur les transports des voyageurs et celui des marchandises. Elles intéressent la vitesse, la sécurité et le confort, la productivité et la gestion, l'automatisation.

#### a) Vitesse

En matière de **transport voyageurs**, l'augmentation des vitesses a dépassé le stade expérimental depuis que la SNCF a battu et conservé depuis lors le record du monde de vitesse en traction électrique sur rail. Ses réalisations portent sur les trains rapides de grand parcours (améliorations obtenues à partir d'une excellente voie et de l'augmentation de puissance des engins tracteurs conventionnels (TEE, Mistral, Capitole, Palatino, etc.). Elles portent aussi sur les premières applications des turbotrains sur Paris-Caen-Cherbourg.

Les recherches se poursuivent sur les divers systèmes de traction sur l'infrastructure ancienne améliorée, ou sur voie nouvelle à très bonnes caractéristiques (Paris-Lyon).

Les améliorations portent sur les modes de traction (turbines, moteur linéaire) et sur la structure plus ou moins allégée du matériel remorqué.

Un aspect de l'économie de temps particulièrement apprécié de la clientèle consiste dans l'augmentation des fréquences dont un exemple réussi est celui des dessertes cadencées ou des dessertes intensifiées de grande banlieue (Metrolor, RER).

**En matière de transport marchandises**, l'un des principaux handicaps du chemin de fer vis-à-vis de ses concurrents est la lenteur commerciale des acheminements, même si la vitesse instantanée des convois est suffisante. Cette lenteur est imputable au délai demandé pour la fourniture du véhicule, aux opérations terminales, aux opérations de triage, aux opérations de distribution dans les gares de parcours. La rotation moyenne des wagons est de 8 à 12 jours en France pour une durée effective de mouvement inférieure à 12 heures. Contrairement à ce qui se produit pour les trafics des voyageurs, le gain obtenu par une augmentation des vitesses de parcours, 3 à 4 heures au maximum, est sans intérêt pratique sur le plan commercial. La recherche porte donc sur les autres causes de lenteur :

- Le délai de fourniture du véhicule n'intervient pas dans la rotation qui, à l'inverse, contient la durée du retour à vide. Celle-ci n'intéresse pas le client qui est, au contraire, très gêné par celui-là. Pour un parc de wagons donné, tous les progrès que la SNCF a réalisés dans son équipement cybernétique vont permettre d'améliorer l'opération de « répartition » qui consiste à fournir le matériel là où l'on en a besoin.

- Les opérations terminales peuvent s'accélérer par la généralisation des embranchements particuliers et des systèmes mixtes rail-route. L'opération transbordement proprement dite se relie à la containerisation, à la palettisation et à l'utilisation des transporteurs à fourches. Dans ce domaine les progrès ont porté sur le rendement des portiques, la maniabilité des petits transporteurs.

Des recherches sont actuellement faites sur les palettes à coussin d'air, coussins d'air à double effet entre la palette et la charge et entre la palette et le sol. Le dispositif gagnerait beaucoup en simplicité si l'air de sustentation était fourni par le sol. La palette serait alors réduite à une simple plateforme mais il faudrait, pour économiser le volume d'air, que les orifices d'alimentation aménagés dans le sol, ne débitent qu'au passage des charges. Cela semble facile à imaginer et peut-être cela existe-t-il déjà.

- C'est le passage par les gares de triage qui constitue la principale perte de temps dans les rotations. Ces gares ont fait l'objet d'améliorations considérables (réseaux de téléimprimeurs, amélioration des têtes de faisceau, amélioration des freins de voie, automatisation des commandes). On peut se demander si la standardisation des charges à atteindre de la containerisation ne permettrait pas de gagner du temps et du matériel en triant les charges au lieu de trier les wagons chargés. Le succès dépend des progrès à accomplir dans les opérations de transbordement par exemple en utilisant les coussins d'air. L'avantage serait que plusieurs charges pourraient être triées simultanément sur aire aménagée alors que le triage classique se fait de façon scalaire donc lente (pour trier 3 000 wagons à 2,5 unités par minute, il faut 20 heures) et exige deux opérations successives : triage par direction, puis triage géographique. Le triage sur une aire à deux dimensions permettrait, en une seule opération, de diriger la charge sur son emplacement définitif dans le futur convoi, emplacement déterminé par ordinateur

#### b) Sécurité et confort

La SNCF a réalisé grâce à la régularité du « mouvement » de grands progrès dans la sécurité. L'automatisation et la technicité de la signalisation y contribuent également.

Dans le domaine du confort, les progrès des suspensions, de l'insonorisation donnent des résultats continus qui doivent être généralisés au trafic des banlieues.

### **c) Productivité et gestion - Automatisation**

De très gros progrès, mesurés par la progression du nombre d'unités de trafic, assurées par heure d'agent, ont été obtenus par les chemins de fer. La télécommande des trains, l'automatisation des triages permettront de nouvelles améliorations. L'augmentation continue du coût de la main-d'œuvre facilite la rentabilisation de progrès techniques de plus en plus élaborés. On peut se demander à ce sujet, ce que représente dans le prix de revient la réduction recherchée de la durée de rotation des wagons à marchandises. L'importance du parc est théoriquement proportionnelle à la rotation, pour un trafic donné. L'amortissement du matériel marchandises et son entretien représentent de 8 à 12 % des dépenses totales, soit de 10 à 20 % des dépenses marchandises. C'est donc loin d'être négligeable.

### **B - IMPACTS PREVISIBLES**

Développer le trafic voyageurs à moyenne distance, entre le domaine de l'avion et celui de la voiture particulière. Pour le trafic banlieue, pallier l'encombrement des routes et des rues. Redonner de l'activité aux zones voisines des gares.

Pour le trafic marchandises. à partir d'une certaine distance, éviter l'encombrement des routes par gros porteurs, en améliorant les conditions de la desserte ferroviaire entendue au sens large, c'est-à-dire parcours terminaux compris.

### **C - ENVIRONNEMENT**

La variété des recherches du chemin de fer élargit considérablement le domaine des innovations poursuivies, que ce soit dans l'amélioration des dispositifs existants ou dans la mise en place des techniques nouvelles.

### **D - OCCURRENCE**

L'occurrence présente les mêmes caractères de généralité et d'incertitude. L'accélération des progrès techniques et l'élargissement du domaine des recherches permettent de rentabiliser l'accroissement des crédits d'étude, non seulement en ce qui concerne le court terme.

### 3 - TRANSPORTS MARITIME ET FLUVIAL

Les fiches techniques des transports maritime et fluvial s'attachent aux points suivants :

- Développement des pétroliers et minéraliers de fort tonnage,
- Trafic par navires porte-conteneurs,
- Trafic par navires porte-barges,
- Trafic roll-on - roll-off,
- Développement de la navigation de plaisance.
- Evolution des transports fluviaux,
- Les navires rapides.

#### 1 - DEVELOPPEMENT DES PETROLIERS ET MINERALIERS DE TRES GRAND TONNAGE

Ces navires sont groupés sous le nom de « grands navires transporteurs de vrac ».

#### A - DESCRIPTION SOMMAIRE

Il y a longtemps que le pétrole et les minerais font l'objet de transports maritimes importants. Mais ces transports ont augmenté en tonnage, à un taux de croissance tel qu'ils ont nécessité la construction de navires de plus en plus grands. Ce phénomène est particulièrement impressionnant en ce qui concerne les pétroliers. Alors que pendant la dernière guerre, le pétrolier courant était le type T2, de 16 500 tonnes, il est à l'heure actuelle du type MAG-DALA (213 000 tonnes). Les plus grands existants étaient :

● en 1902	10 000 t
● en 1914	18 000 t
● en 1948	26 000 t
● en 1953	45 000 t
● en 1956	85 000 t
● en 1962	132 000 t
● en 1966	205 000 t
● en 1968	326 000 t

Et il y a actuellement en construction au Japon un pétrolier de 372 000 t et 2 de 477 000 tonnes.

En ce qui concerne les minéraliers, l'évolution du tonnage a été moins accentuée et on en est resté longtemps aux 60 000 tonnes du type ORE construits en 1954, mais par la suite se sont développés, pour le transport du minerai, les navires du type OBO (ORE-BULK-OIL) capables de transporter indistinctement du pétrole, du minerai et des produits divers en vrac. Les navires classiques du type OBO ont d'abord été les 100 000 tonnes. Mais on est vite

arrivé à dépasser ce chiffre, avec des navires de la classe du CEDRO (146 000 t) lancé en 1966. Actuellement, ce plafond est crevé, puisque des pétroliers minéraliers de 260 000 tonnes sont en commande. Dans un avenir prévisible, sans atteindre la taille des superpétroliers, on aura néanmoins des pétroliers-minéraliers de 300 000 t, car les minerais viennent de plus en plus loin de leur lieu d'utilisation, et l'économie sur le fret est une loi impérative qui conditionne leur emploi.

#### B - IMPACTS PREVISIBLES

##### 1 - Infrastructures portuaires

###### a) Navires de moins de 250 000 tonnes de port en lourd

Actuellement, il apparaît que 250 000 t est un palier dans la taille des navires. Des ports destinataires importants sont dès maintenant capables de recevoir de tels navires à pleine charge (Marseille, Fos, Rotterdam, Goteborg, Le Havre).

Les travaux d'infrastructure nécessaires représentent des investissements très importants et comprennent :

- le dragage d'un chenal d'accès à la cote (— 22) hydro,
- la construction d'un ouvrage d'accostage ayant 20 mètres de profondeur d'eau minimum à marée basse, et dont les défenses peuvent permettre d'encaisser les chocs de telles masses,
- un plan d'eau calme de grande dimension, permettant un cercle d'évitage de grand diamètre, à proximité de l'ouvrage d'accostage pour l'évolution des navires.

###### b) Navires de plus de 250 000 tonnes

L'admission de tels navires dans les grands ports nécessiterait des travaux gigantesques. Il faut prévoir des ouvrages en mer spécialisés, dénommés ports-relais, ou ports d'éclatement, construits en des emplacements particulièrement favorables.

Le prototype de ces ports-relais est celui construit en 1968 par le GULF-OIL à Bantry-Bay. Deux autres ports d'éclatement sont en construction, pour la même compagnie, l'un à Okinawa, l'autre à Point Tupper (Nouvelle Ecosse). Un autre port-relais est à l'étude par le port du Havre (cap d'Antifer).

Ces ports-relais nécessitent l'exécution d'études techniques préalables très poussées afin de découvrir la solution la plus appropriée : caissons en béton précontraint, pieux en béton armé ou métalliques, forme de l'îlot ou de l'ouvrage d'accostage, position des stockages de pétrole sur l'îlot, ou bien à terre, conduites sous-marines, etc...

Il faut de toute façon disposer de fonds naturels à 30 mètres au-dessous des plus basses mers, afin de pouvoir recevoir des pétroliers de 500 000 tonnes, et éventuellement 1 million de tonnes.



Les investissements nécessaires sont très variables suivant la configuration du site naturel choisi, et peuvent atteindre 600 millions de francs.

L'importance des infrastructures ci-dessus décrites conduit inévitablement à une concentration du trafic minéralier et pétrolier dans un petit nombre de grands ports.

## 2 - Routes maritimes

L'organisation du transport par ces grands navires impose de définir de nouvelles routes maritimes, en raison :

- de leur tirant d'eau,
- de leurs dimensions,
- de leur défaut de manœuvrabilité.

Dès maintenant, ces navires n'ont accès ni dans la mer Baltique, ni dans le détroit de Malacca, ni dans le canal de Suez. Dans un proche avenir, il est à prévoir que les grands navires à destination de Rotterdam et du Nord de l'Allemagne, ne passeront plus par la Manche, mais contourneront les îles Britanniques.

## 3 - Pollution des mers

L'utilisation des grands navires augmente notablement le risque de pollution des mers, notamment en cas de collision d'un super-pétrolier de 250 000 tonnes et plus. Le danger serait encore plus grand, en cas de transport de détergents en vrac dans un grand navire.

## 4 - Concentration des armements

Les moyens financiers à mettre en œuvre et les risques encourus avec l'utilisation des grands navires imposent aux armateurs de s'associer, ou de disparaître, absorbés par d'autres.

## 5 - Baisse du coût des transports maritimes

Le coût à la tonne du transport maritime baisse quand la taille du navire augmente, en raison de la diminution relative de toutes les dépenses principales (coût de l'armement, investissement, carburant).

Ceci ressort du tableau suivant (aux conditions économiques de 1970).

Tonnage transporté	Coût de la tonne × mile en francs français	
10 000 t	80	10 <sup>-4</sup>
17 000 t	66	10 <sup>-4</sup>
25 000 t	52	10 <sup>-4</sup>
37 000 t	40	10 <sup>-4</sup>
50 000 t	34	10 <sup>-4</sup>
100 000 t	24	10 <sup>-4</sup>
200 000 t	18	10 <sup>-4</sup>
350 000 t	14	10 <sup>-4</sup>

A noter que ces coûts de transport n'incluent pas les frais de maintenance dans les ports.

## 6 - Redistribution à partir des ports

Il y a nécessité de redistribuer les produits à partir des grands ports, soit vers les plus petits ports, soit directement vers l'intérieur du pays.

Le tableau suivant donne l'ordre de grandeur du coût de cette distribution (aux conditions économiques de 1970).

Mode de transport		Coût de la tonne × km en francs français	
Voie ferrée		9 à 12	10 <sup>-2</sup>
Pipe-line	16 "	1,5 à 2	10 <sup>-2</sup>
	32 "	0,8 à 1	10 <sup>-2</sup>
Chalands	400 t	5 à 6	10 <sup>-2</sup>
	800 t	3,5 à 4	10 <sup>-2</sup>
	1 400 t	2,5 à 3	10 <sup>-2</sup>
Convois poussés	3 000	1,7 à 2	10 <sup>-2</sup>

On voit que ces coûts sont très supérieurs à ceux du transport maritime.

## 7 - Concentration industrielle

Le coût élevé de la redistribution amènera les usines consommatrices de grands tonnages de produits bruts à se concentrer dans quelques grands ports.

## 8 - Fermeture des mines

Face à la concurrence accrue des produits importés, les mines des pays industriels seront amenées à fermer (fer, charbon, etc...).

## 9 - Crise dans la Marine marchande

Comme il n'y a pas un équipage sensiblement plus important sur un très grand navire, par rapport à un plus petit, il y aura des problèmes de surplus de main-d'œuvre.

## 10 - Coopération internationale

La tendance à concentrer l'activité dans quelques très grands ports conduira nécessairement à une coopération internationale, en particulier en Europe.

## C - ENVIRONNEMENT

### — favorable

Le développement vers les navires de plus grand tonnage est favorisé par :

- la fermeture du canal de Suez,
- le fait que l'on met en valeur des gisements de plus en plus éloignés,
- l'augmentation considérable de la consommation des produits pétroliers,
- la concurrence internationale entre les chantiers navals et les armateurs.

### — défavorable

Par contre, le développement sera handicapé par :

- les explosions inexplicables des grands pétroliers,
- l'augmentation massive des taux d'assurance,
- la propagande anti-pollution,
- la vulnérabilité d'un seul port en cas de conflit,
- les progrès de l'énergie nucléaire,
- la réouverture du canal de Suez.

## D - OCCURRENCE

En cours de développement.

## 2 - TRAFIC PAR NAVIRES PORTE-CONTENEURS

### A - DESCRIPTION SOMMAIRE

Le trafic par conteneurs de dimensions réduites, du nom de cadre, est ancien. Par contre, la systématisation du trafic de certaines marchandises par navires spéciaux appelés porte-conteneurs constitue une véritable révolution. Cette révolution a été déclenchée par une compagnie américaine : la SEA-LAND.

San devoir entraîner la disparition des navires courants

faisant du général cargo, l'apparition du trafic porte-conteneurs pose des problèmes nouveaux, car il s'agit de navires d'un type très particulier, évoluant très rapidement, puisque, une dizaine d'années après le démarrage de ce trafic, on en est déjà aux navires porte-conteneurs de la troisième génération.

Ces navires sont, d'une génération à l'autre, de plus en plus grands et de plus en plus rapides, comme le montre le tableau suivant :

Génération	Tirant d'eau pieds	Longueur m	Nombre de conteneurs de 20 pieds	Vitesse en service (nœuds)
Première	27	197	600	20
Seconde	30	227	1 300	22
Troisième	35	287,7	1 500	30

### B - IMPACTS PREVISIBLES

#### 1 - Infrastructures nécessaires

Le port à conteneurs nécessite :

— des terre-pleins très étendus pour le stockage et la maintenance des conteneurs,

— des moyens d'évacuation très puissants tant par voie terrestre que par voie de navigation intérieure.

Les installations nécessaires pour l'expédition ou la réception d'environ 45 000 conteneurs par an, soit 500 000 tonnes, doivent comprendre :

- 250 mètres de quai à (— 11,00),
- 8 hectares de terre-pleins,
- 2 portiques de chargement et de déchargement des conteneurs en navires,
- 1 000 semi-remorques ou chariots porte-conteneurs,

pour un investissement global de 40 millions de francs environ.

#### 2 - Rôle du port

Le port à conteneurs a tendance à devenir un lieu de passage, et non un centre d'industries de transformation.

#### 3 - Organisation

Nécessité de la constitution d'organismes de transport intégrés assurant l'acheminement des conteneurs de l'expéditeur au destinataire, par le rail, la route et les océans.

### C - ENVIRONNEMENT

Les éléments favorables sont :

- la rapidité d'acheminement,
- la sécurité de transport,
- les économies sur le temps d'immobilisation des navires,
- les hausses de salaire obtenues par le personnel navigant dans tous les pays.

\* Ou containers.

### D - OCCURRENCE

En cours de développement.

## 3 - TRAFIC PAR NAVIRES PORTE-BARGES

### A - DESCRIPTION

Il s'agit d'une extrapolation du trafic par conteneurs. L'unité de charge portée par le navire n'est plus un conteneur terrestre, mais une barge ayant 18,75 m de long (système LASH) et même 29,71 m de long (système SEABEE).

Les navires porte-barges sont de grands navires, 235 à 266 mètres de long, et d'un tirant d'eau moyen de 28 à 33 pieds. Ils sont rapides (18 à 23 nœuds). Ils possèdent leurs engins propres de mise à l'eau des barges.

L'intérêt du système est que :

- le navire ne perd pas de temps dans les ports,
- les barges peuvent remonter les fleuves.

### B - IMPACTS PREVISIBLES

#### a) Infrastructures nécessaires

Quoique les porte-barges soient la plus récente des innovations de ces dernières années, elle a extrêmement peu d'importance si l'on se place au point de vue des investissements nécessaires. En effet, le navire porte-barges ne vient pas en principe à quai.

Il faut néanmoins prévoir de disposer :

- de plan d'eau calme,
- de quais assez longs, à faible profondeur, pour le chargement et le déchargement des barges,
- des « parcs à barges » où les barges puissent flotter en attendant, soit le navire porte-barges, soit leur remorquage en rivière.

En somme, le grand port classique à quais en eau profonde perd de son intérêt pour ce mode de transport.

#### b) Développement du transport fluvial

Le trafic sur les fleuves et canaux doit être accru par l'apparition des porte-barges.

#### c) Développement industriel

Les porte-barges doivent favoriser la constitution d'usines de semi-produits le long des voies d'eau.

#### d) Ports fluviaux

Les porte-barges sont un avantage pour les ports situés à l'embouchure des grands fleuves.

### C - ENVIRONNEMENT

Les porte-barges sont avantagés par :

- l'existence de grandes voies d'eau en Amérique du Nord et en Europe.
- la hausse continue des salaires du personnel navigant.

### D - OCCURRENCE

En cours de développement.

## 4 - LE TRAFIC ROLL-ON - ROLL-OFF

### A - DESCRIPTION

Le trafic roll-on - roll-off existe depuis longtemps. Il a été inauguré avant le début du siècle, avec les « ferries » qui permettaient aux voyageurs d'aller de Paris à Londres par Dunkerque et Folkestone.

Mais avec l'apparition de l'automobile, ce trafic a pris un développement extraordinaire.

Il y a maintenant, sur courtes et moyennes distances, des transports directs d'automobiles, de camions ou de remorques tractées, chargés de marchandises.

Naturellement, ce trafic est particulièrement intense sur les petites distances, telles que France - Afrique du Nord, Allemagne - Grande-Bretagne ou Grande-Bretagne - Scandinavie. On a alors des navires de dimensions réduites de 100 à 150 mètres de long et de faible tirant d'eau.

Un navire-type est l'AVENIR, de 130 m de longueur, qui fait la liaison Marseille-Tunis.

Quand le transport roll-on - roll-off est effectué à plus longues distances, par exemple entre l'Europe et l'USA, les navires sont également porte-conteneurs. c'est-à-dire qu'ils transportent à la fois des véhicules et des conteneurs. Ces navires sortent du cadre des roll-on - roll-off classiques.

### B - IMPACTS PREVISIBLES

#### a) Infrastructures portuales

Le trafic roll-on - roll-off a des conséquences relativement limitées au point de vue des installations qu'il est nécessaire de prévoir. En effet :

— il s'agit de navires de faible tirant d'eau, capables d'accoster à la plupart des quais existants ;

— il suffit de munir ces quais d'une passerelle d'accès et d'une plateforme de circulation permettant aux véhicules entrant dans le navire ou sortant, d'évoluer facilement.

#### b) Activité des ports moyens

Du fait des investissements réduits à prévoir pour ce trafic, il en résulte qu'il favorise les ports de moyenne importance, et bien situés (Calais, Boulogne, Dieppe), sans pour autant que les grands ports (Le Havre, Marseille) soient abandonnés.

#### c) Développement du tourisme

Les facilités apportées par ce trafic pour le transport des voitures particulières peut entraîner un développement du tourisme, en particulier quand il s'agit de tourisme à moyenne distance, par exemple France - Irlande ou France - Tunisie.

### C - ENVIRONNEMENT

Certains événements sont favorables au développement du trafic roll-on - roll-off, en particulier :

- le développement des réseaux routiers des pays,
- l'essor des agences de tourisme.

Au contraire sont défavorables :

- le développement du système de location de voitures sans chauffeur,
- la concurrence des avions.

### D - OCCURRENCE

En cours de développement.

## 5 - DEVELOPPEMENT DE LA NAVIGATION DE PLAISANCE

### A - DESCRIPTION

La navigation de plaisance a toujours existé. Mais avec l'augmentation générale du niveau de vie et avec les perfectionnements techniques des voiliers et bateaux à moteur, cette forme de tourisme et d'évasion connaît depuis la dernière guerre un développement considérable. Ce développement concerne à la fois le nombre des bateaux de plaisance, et leur taille.

C'est en premier lieu la navigation de plaisance en mer qui est concernée. Mais il existe également une navigation de plaisance en rivières et canaux, en grands progrès.

Le nombre de bateaux de plaisance recensés en France à fin 1970 était de :

- 97 053 voiliers (dont 76 738 de moins de 2 tonneaux),
- 140 712 bateaux à moteur (dont 115 406 de moins de 2 tonneaux).

En estimant à 50 000 le nombre des bateaux non immatriculés, il y aurait au total 290 000 bateaux, soit 1 pour 170 habitants.

En regard de ce chiffre, les ports de plaisance existant actuellement en France, n'offrent qu'une vingtaine de milliers de postes d'amarrage. Ces postes d'amarrage sont utilisés par les bateaux non susceptibles d'être tirés à terre.

## B - IMPACTS PREVISIBLES

### a) Aménagement des côtes et voies navigables Intérieures

Il faudra créer de nombreux ports sur les côtes n'offrant pas d'abris naturels pour les bateaux de plaisance.

D'autre part, pour la navigation intérieure, il faudra aménager les canaux existants et en construire de nouveaux.

### b) Conséquences Industrielles

Il y a un grand champ d'activité pour l'industrie des bateaux de plaisance, car le marché est loin d'être saturé (en Suède, 1 bateau pour 8 habitants).

Les matériaux synthétiques prendront une place de plus en plus grande dans la fabrication des bateaux (coques et accessoires).

### c) Conséquences financières

La construction des ports de plaisance nécessite des investissements d'autant plus importants qu'il s'agit maintenant d'équiper des côtes sans abris naturels. Le prix de revient d'un poste d'amarrage varie entre 2 000 et 15 000 francs, suivant la taille des navires et le port. Il est vendu entre 20 et 30 000 francs, y compris les frais de gestion de port.

### d) Autres Impacts

Ils concernent :

— la ségrégation dans les loisirs (les grands bateaux n'étant accessibles qu'aux plus riches),

— la police des frontières maritimes (qui devra être renforcée),

— la pollution des côtes (objets jetés par les plaisanciers),

— l'accroissement des accidents (hélices des bateaux et pêche sous-marine).

## C - ENVIRONNEMENT

Le développement de la navigation de plaisance en France sera handicapé par :

- le niveau élevé de la TVA sur les bateaux,
- l'introduction éventuelle d'une vignette,
- le prix des postes d'amarrage.

## 6 - EVOLUTION DES TRANSPORTS FLUVIAUX

### A - DESCRIPTION

Pour les transports fluviaux, on a adopté depuis longtemps la solution des chalands automoteurs à moteur DIESEL, ou bien encore des chalands tractés ou poussés par des remorqueurs, en convois de 2 à 4 chalands. Mais la révolution qui se dessine actuellement est la tendance à une forte augmentation de la taille des chalands. Leur capacité unitaire de transport est passée de 100 tonnes à 500 tonnes. S'il était possible, c'est-à-dire si les canaux et écluses le permettaient, on voudrait circuler avec les péniches de 1 350 tonnes, des convois poussés de 3 000 tonnes, ou même des barges de 2 200 et 4 000 tonnes de port en lourd, comme sur l'artère rhénane.

### B - IMPACTS PREVISIBLES

#### a) Infrastructures nécessaires

L'augmentation, décrite ci-dessus, de la taille des chalands, entraîne un certain nombre d'investissements.

En ce qui concerne les fleuves, ces investissements sont localisés et comprennent :

— l'agrandissement des écluses,

— des dragages en certains points des biefs navigables.

Pour les canaux, il s'agit d'un problème d'une grande ampleur, car il suppose :

- l'approfondissement des canaux,

- leur élargissement (à moins de les mettre à sens unique sur certains biefs.

- l'élargissement des écluses.

Ces travaux sont extrêmement onéreux.

#### b) Baisse du coût de transport des pondéreux.

Le coût du transport baisse très vite quand la taille des chalands augmente. Il est environ deux fois moins cher pour un chaland de 1 000 t.

#### c) Avantage donné à certains ports

Les ports dotés d'un réseau fluvial de grand gabarit sont favorisés par rapport aux autres.

## C - ENVIRONNEMENT

Les transports fluviaux sont très fortement concurrencés par les transports par conduite, voie ferrée ou route, si bien que la rentabilité des investissements y apparaît souvent aléatoire.

Il est vraisemblable que les investissements seront concentrés dans le Nord de la France, pour mettre le port de Dunkerque en état de résister à la concurrence d'Anvers.

## 7 - LES NAVIRES RAPIDES

### A - DESCRIPTION

Dans les navires rapides (plus de 30 nœuds ou 60 km/h), on distingue :

- les **aéroglesseurs**, ou engins sur coussin d'air ;
- les **aquaplanes**, ou engins à sustentation par ailes sous-marines (jusqu'à 40 nœuds) ;
- les **catamarans rapides**, ou engins à deux coques immergées, de forme allongée (jusqu'à 40 nœuds en général).

Parmi ces trois types d'appareils, celui qui a les plus grandes chances d'avenir est l'aéroglesseur, auquel des perfectionnements importants ont été apportés au point de vue technique.

Les plus importants à l'heure actuelle sont les NAVIPLANE (français) N 300 et N 500 (en projet) et le HOVERCRAFT SR-N4, de caractéristiques suivantes :

	<u>Poids (tonnes)</u>	<u>Charge utile</u>	<u>Vitesse km/heure</u>
N 300	27	90 passagers	120/85
N 500	160	250 passagers et 40 voitures	160/95
SR - N4	170	254 passagers 30 voitures	150/100

Le coût du transport par les aéroglesseurs n'est pas très différent de celui par ferry-boats classiques (30 à 40 F par personne pour la traversée France - Angleterre).

### B - IMPACTS PREVISIBLES

#### a) Transport côtier

Le transport le long des côtes peut bénéficier de ce nouveau mode de transport rapide.

#### b) Concurrence avec les moyens traditionnels de transport

Pour le transport vers les îles (Corse, Iles Britanniques, Danemark), il y aura concurrence avec les ferry-boats traditionnels, les hydravions géants.

#### c) Tourisme

Le mode de transport est favorable au développement du tourisme à courte distance.

#### d) Tunnel sous la Manche

Le débit très important de ce mode de transport, en particulier en voyageurs, le met directement en concurrence avec le projet du tunnel sous la Manche.

#### e) Bruit

Les aéroglesseurs sont des engins bruyants, plus gênants que les avions à réaction.

### C - ENVIRONNEMENT

— Afin de pouvoir réaliser le NAVIPLANE N 500 qui concurrencera le HOVERCRAFT SR-N4, la Société française (SEDAM) a besoin d'une aide gouvernementale substantielle.

— La conjoncture actuelle est défavorable (hausse très forte sur les aciers et sur les carburants).

### D - OCCURRENCE

Les exploitations commerciales des aéroglesseurs doivent se poursuivre pour que l'on puisse juger de toutes leurs potentialités de développement.

## 4 - PRODUCTION, DISTRIBUTION ET ASSAINISSEMENT DE L'EAU POUR LES USAGES DOMESTIQUES, AGRICOLES ET INDUSTRIELS

La présente étude comprend deux parties nettement distinctes.

— La première partie regroupe 17 fiches sommaires relatives à diverses innovations portant sur la production, la distribution ou l'assainissement de l'eau.

● *Le développement des ressources en eau* fait l'objet des fiches 1 à 6. Dans certains cas, il s'agit de techniques nouvelles non encore utilisables à grande échelle pour des raisons techniques ou économiques (dessalement de l'eau de mer, pluie provoquée) ; dans l'autre cas, il s'agit de mesures susceptibles de faire face à des besoins spécifiques ou locaux. En dehors de ces cas particuliers, il ne semble pas que le niveau des ressources en eau doive engendrer de graves préoccupations en France dans l'avenir prévisible. Par contre, bien que la question ne soit traitée dans aucune fiche, *il paraît important d'attirer l'attention sur les dangers que fait courir la pollution des océans*. Outre son impact direct sur l'agrément des rivages, cette pollution peut rendre beaucoup plus difficile le dessalement de l'eau de mer le jour où celui-ci deviendra une nécessité. Les océans constituent une réserve naturelle qu'il convient de préserver. La question relève plus, semble-t-il, du droit international que de la technique.

● *L'amélioration de l'affectation des eaux* est traitée dans les fiches 7 et 8. Un meilleur équilibre entre la consommation humaine et les autres usages paraît possible et souhaitable.

● *Les techniques d'obtention d'eau potable* sont examinées dans les fiches 9 et 10.

● *L'épuration des eaux usées ainsi que l'utilisation des eaux usées régénérées* sont étudiées dans les fiches 12 à 14. La pollution des eaux a des effets aussi bien sur la santé publique que sur le cadre de vie. Dans ce domaine, des techniques adéquates sont disponibles, mais *les difficultés sont d'ordre financier et juridique*.

● Les questions juridiques et financières sont étudiées aux fiches 16 à 17 en ce qui concerne la *classification des cours d'eau et les réservations de terrains*.

— Au cours des discussions avec la DATAR sur les fiches sommaires, il est apparu qu'une éventuelle spécialisation des cours d'eau en fonction de leur pollution pourrait être lourde de conséquences pour l'aménagement du territoire. Aussi a-t-il été décidé de procéder à un examen plus approfondi de la question sur un exemple pratique. Celui de la Lorraine a été choisi, car des pollutions industrielles importantes y sont dès maintenant enregistrées ; en outre, des implications internationales existent. Après la présentation des solutions adoptées pour la rivière Emscher dans la Ruhr, ont été examinés les cas de quatre rivières lorraines : la Fensch, la Rosselle, la Chiers, l'Alzette.

De cette étude présentée dans la deuxième partie, l'on peut retenir une certaine résignation aussi bien des autorités que de la population vis-à-vis de la pollution : toutefois, des mesures sont maintenant prises pour réduire progressivement le niveau de pollution actuelle. L'on doit retenir également l'écart considérable existant entre la réglementation et les faits : des entorses à la réglementation successives et peut-être pas dramatiques dans chaque cas particulier, conduisent par accumulation à des situations très dégradées à long terme.

## Première partie : Fiches sommaires

### 1 - DEVELOPPEMENT EVENTUEL DU DESSALEMENT DE L'EAU DE MER SUR LES COTES FRANÇAISES

#### A - DESCRIPTION SOMMAIRE

Il s'agit de dessaler l'eau de mer de façon à la rendre disponible pour les usages domestiques, industriels ou éventuellement agricoles.

La *distillation* est le plus ancien des procédés connus et c'est aussi celui qui est retenu pour les installations de dessalement les plus importantes. On distingue la distillation avec apport artificiel d'énergie (usines utilisant le fuel oil ou usines nucléaires de dessalement), et la distillation solaire, qui ne convient que pour des installations de faible capacité journalière de production ne dépassant pas en général 60 m<sup>3</sup>/j.

Le procédé de *congélation* comprend principalement le procédé ZARCHIN de congélation avec compression de vapeur, le procédé de congélation directe avec absorption de vapeur (utilisant une substance absorbante telle que le bromure de lithium) et obtention d'un vide très poussé dans la chambre de congélation ; il faut citer encore la congélation indirecte utilisant un réfrigérant auxiliaire (procédé américain « Cornell »), tel qu'un hydrocarbure iiquide frigorigène (butane, isobutane, propane, etc...).

L'*électrodialyse* est une combinaison de l'électrolyse et de la dialyse. Dans ce procédé, on soumet la solution saline à un champ électrique de façon qu'il se produise une migration des ions de la solution à travers des membranes artificielles, imperméables à l'eau, dites « sélectives ».

L'*osmose inverse*, qui s'applique à l'eau de mer comme aux eaux saumâtres, utilise des membranes perméables à l'eau pure, mais constituant des barrières infranchissables pour tous les corps dissous à l'état moléculaire ou pour les particules colloïdales. Si l'on applique à une solution saline une pression supérieure à la pression — « osmotique » — qui, pour l'eau de mer est de 25 bars — de l'eau pure filtre à travers la membrane. On conçoit donc qu'une circulation continue d'eau de mer sous une telle pression devant une membrane permettra la production continue d'eau pure à travers cette dernière, avec par ailleurs rejet de saumure.

Cependant, ces diverses techniques ne sont généralement pas encore compétitives, sur le plan économique, avec les sources d'approvisionnement en eau traditionnelle.

D'autre part, la pollution actuelle de certaines eaux littorales contenant des hydrocarbures, des phénols, etc. (par suite de rejets d'eaux résiduelles industrielles ou de

déversements, accidentels ou non, à partir de pétroliers), permet de faire quelques réserves sur l'emploi du procédé de distillation, à moins de compléter la distillation par des traitements spéciaux.

#### B - IMPACTS PREVISIBLES

Le dessalement de l'eau de mer permettra de disposer de ressources pratiquement illimitées — tout au moins dans les régions voisines des côtes — en supplément des ressources naturelles en eau.

Une réserve doit être faite sur l'alimentation en eau de mer dessalée des régions très éloignées des côtes, car le coût du transport de l'eau sur des grandes distances peut être, dans bien des cas, prohibitif.

En raison du prix de revient de l'eau dessalée, puis transportée aux lieux d'utilisation, les débouchés pour l'irrigation sont plutôt faibles.

Néanmoins, dans les régions désertiques ou semi-désertiques qui ne sont pas trop éloignées des côtes, les perspectives de développement économique pourront se trouver radicalement modifiées.

En ce qui concerne la qualité de l'eau potable obtenue, comme il a été dit plus haut, la distillation sera d'un emploi délicat quand l'eau de mer contiendra des hydrocarbures, phénols, etc... Dans la distillation, les matières volatiles passent dans la vapeur, donc dans l'eau douce condensée, et peuvent donner de *mauvais goûts ou des odeurs*. Pour éliminer ces derniers, il faut avoir recours à un traitement par le *charbon actif*.

Il peut donc se produire une influence de la pollution des fleuves et des estuaires sur la qualité de l'eau de mer dessalée (questions d'implantation des usines de dessalement et de direction des courants marins).

#### C - ENVIRONNEMENT

Il y a une certaine analogie technique entre les procédés de dessalement et ceux de l'épuration tertiaire des eaux usées (osmose inverse, distillation, traitement par le charbon actif, etc...).

Il paraît difficile de prévoir dès maintenant à quelle échelle on pratiquera, au cours des prochaines décennies, le dessalement de l'eau de mer en certains points des côtes françaises.

Pour le moment, rappelons que lors d'une enquête effectuée en France pour le Commissariat à l'Energie Atomique

sur la « demande potentielle » d'eau dessalée, un questionnaire a été adressé à un certain nombre de villes, et que certains types de réponses peuvent être résumés ainsi :

« Nous avons craint, en effet, de manquer d'eau à un moment, mais, en analysant les divers aspects de notre alimentation en eau, nous avons conclu qu'il n'y aurait pas de pénurie à condition de réduire les fuites de notre réseau de distribution, qui sont actuellement de l'ordre de 50 %, et de les ramener à 10 ou 15 %, et à condition de pousser les industries à recycler l'eau qu'elles utilisent, d'améliorer certains captages, etc. ».

Il est certain qu'il convient d'étudier pour divers cas locaux les conditions de concurrence du dessalement avec les ressources naturelles d'eau douce.

Quand on envisagera d'appliquer le dessalement, il s'agira soit d'étudier les possibilités du dessalement concurrentiel avec des ressources complémentaires en eaux douces non encore exploitées, soit d'appliquer inévitablement le dessalement considéré comme ressource complémentaire, s'ajoutant aux ressources en eau douce naturelle exploitées jusqu'à la limite des possibilités, soit encore d'appliquer inévitablement le dessalement parce qu'il n'existe aucune ressource en eau douce naturelle, même à grande distance, dont l'exploitation serait économiquement valable (cas de certaines régions désertiques).

Les petites îles françaises situées au large de la France continentale sont des cas particuliers, pour lesquels des solutions intéressantes (osmose inverse, électrodialyse), pour des débits journaliers non considérables, peuvent dès maintenant être apportées.

Enfin, on notera que si, en quelques points du littoral français, l'enquête suggérée plus haut faisait apparaître une certaine probabilité vers la nécessité de dessaler l'eau de mer dans les années à venir, il serait bon de prévoir des études tendant à réserver des zones d'emplacements de futures prises d'eau de mer, en fonction des distances entre ces zones et les points de déversement d'eaux usées et en fonction des directions des courants marins.

La désignation de zones d'emplacements de prises d'eau de mer, pourrait même imposer l'obligation d'établir à courte échéance des stations d'épuration d'eaux usées, là où existent déjà des émissaires déversant en mer des eaux usées non encore épurées.

La Principauté de Monaco se demande actuellement si elle doit construire une usine de dessalement de l'eau de mer qui produirait également de l'énergie.

L'usine de dessalement de l'eau de mer de Nouakchott a connu récemment des difficultés, provenant de l'entartrage et de la corrosion, si bien qu'on a envisagé de réduire sa capacité de production et qu'on étudie une adduction d'eau sur 80 km.

## D - OCCURRENCE

Les techniques de dessalement de l'eau de mer peuvent dès maintenant trouver des applications dans des cas particuliers, comme on l'a indiqué ci-dessus.

Pour ce qui est de l'exploitation massive de l'eau de mer en France métropolitaine, des experts estiment que ce n'est pas avant la fin du siècle qu'il convient de l'envisager (sauf peut-être en quelques points particuliers du littoral). compte tenu des possibilités qui subsistent pour améliorer l'exploitation des ressources classiques, des possibilités de régénération des eaux usées pour les besoins industriels ou agricoles, et du développement de technologies sèches dans le domaine industriel.

## 2 - LA PLUIE PROVOQUEE

### A - DESCRIPTION SOMMAIRE

Divers procédés ont été expérimentés :

1. - ensemencements de nuages surfondus avec des noyaux glocogènes artificiels (neige carbonique, iodure d'argent) ; l'iodure d'argent peut être utilisé de plusieurs façons pour ensemençer des nuages de température inférieure à — 4° C :

— ensemencement des nuages par des noyaux d'iode d'argent au moyen de fusées tirées par un avion ou de générateurs montés sur avions (selon le Professeur DESSENS, directeur du Centre de Recherches Atmosphériques de Lannemezan, ce procédé est généralement inefficace, les conditions propices à une telle stimulation de la pluie ne se trouvant qu'au cours d'une centaine d'heures par an).

— émission continue de noyaux d'iode d'argent par un générateur au sol (une expérience en cours dans les Landes depuis 5 ans a donné un excédent pluviométrique de l'ordre de 20 % sur 1 000 km<sup>2</sup>, 30 % à la station d'Ychoux).

2. - aspersion de « nuages chauds » (c'est-à-dire de température positive) avec de l'eau, de grosses gouttes d'eau introduites dans un nuage provoquant le phénomène de « coalescence » ;

3. - ensemencements de nuages par des noyaux hygroscopiques, (chlorure de sodium), au moyen de pulvérisations de solutions saturées de chlorure de sodium, ou d'émissions en altitude ou à l'aide de fusées de chlorure de sodium sec ;

4. - convection provoquée (feux de brousse ou météotrons à combustion de fuel oil, colonnes ascendantes provoquées, cumulus provoqués et pluie provoquée).

### B - IMPACTS PREVISIBLES

La mise en œuvre d'un procédé de pluie provoquée pourrait avoir une influence sur les débits d'étiage des rivières, le remplissage des barrages réservoirs, la réalimentation des nappes souterraines, les débits des captages, l'arrosage des terres agricoles.

### C - ENVIRONNEMENT

Il y a une dizaine d'années, le Ministère chargé des Départements et Territoires d'Outre-Mer a fait financer par le FIDOM une campagne d'ensemencement (en faveur de la Grande Terre, à la Guadeloupe) qui fut confiée à la « Water Resources Development Corporation », dont le procédé était différent de celui qui est appliqué dans les Landes. En France, divers organismes poursuivent des recherches ; notamment le Centre de Lannemezan, la Météorologie nationale, l'Armée (centre de Brétigny).

D'une façon générale, dans les divers pays, l'arrosage des nuages avec de l'eau est abandonné ; les ensemencements avec du chlorure de sodium ne laissent pas grand espoir pour un avenir économique de cette méthode. Il reste les ensemencements avec de l'iodure d'argent, ou la convection provoquée.

Les conclusions du Professeur DESSENS pour la « pluie provoquée » sur une superficie limitée (1 000 à 20 000 ha) sont les suivantes :



a) **en région tempérée** : l'ensemencement à partir du sol avec un générateur d'iodure d'argent doit être recommandé ;

b) **en région équatoriale ou tropicale** : deux méthodes sont à recommander, un générateur unique à gros débit de noyaux d'iodure, ou bien la méthode de la convection provoquée.

Il faut souligner les aspects internationaux qu'impliquerait dans certains cas la mise en œuvre de ces techniques.

En France, où le régime des pluies donne à peu près satisfaction (sauf en Provence) on peut douter que les pouvoirs publics aient tendance à multiplier les tentatives de pluie provoquée.

## D - OCCURRENCE

On ne sait si tel ou tel procédé sera appliqué dans la suite des temps en quelques secteurs de la France métropolitaine, mais signalons l'intérêt qu'il y aurait probablement à appliquer le procédé des générateurs au sol de noyaux d'iodure d'argent, par émission continue toute l'année dans deux îles tropicales françaises : en Nouvelle-Calédonie et en Guadeloupe (en faveur de l'île de la Grande Terre notamment).

## Bibliographie

— Bulletin de l'Observatoire du Puy-de-Dôme (Clermont-Ferrand).

— Journal de Recherches Atmosphériques (Universités de Clermont-Ferrand et de Toulouse).

— La météorologie active, par Henri DESSENS (Nucleus, la revue scientifique à l'âge atomique, Dunod, mars-avril 1960, pp. 110-110).

— Les pluies artificielles (Equipement et Activités Outre-Mer, N° 4/1966, Paris, pp. 51-57).

— Contributions diverses à l'hydrogénèse, par H. DESSOLIERS (Alger, 1908).

— Une nouvelle orientation des recherches sur la pluie provoquée, par J. VAILLANT (La Technique de l'Eau, Bruxelles, mai-juin-juillet 1958).

— La maîtrise des climats, par Henri DESSENS (Presses Universitaires de France, Paris, 1968).

## 3 - CONSTITUTION DE BARRIERES CONTRE L'INTRUSION D'EAU DE MER DANS DES NAPPES SOUTERRAINES D'EAU DOUCE, AU MOYEN DE L'INJECTION D'EAUX USEES REGENEREES

### A - DESCRIPTION SOMMAIRE

Aux Etats-Unis, l'« Orange County Water District » vient de procéder à des recherches portant sur la constitution d'une barrière contre l'intrusion d'eau de mer dans une nappe souterraine, au moyen de l'injection dans une ligne

de puits d'un effluent ayant subi l'épuration secondaire, puis soumis à un traitement de clarification au sulfate d'alumine, de filtration sur anthracite et sable, et de chloration (1).

Ce procédé de réemploi des usées urbaines sur les littoraux paraît intéressant et apte à se développer.

## B - IMPACT PREVISIBLE

L'impact de ce procédé est la préservation de nappes souterraines d'eau douce. Le procédé peut concerner des îles ou des zones littorales.

## C - ENVIRONNEMENT

Techniques ayant déjà reçu des applications aux Etats-Unis.

## D - OCCURRENCE

Ce procédé sera de toute façon coûteux et ne paraît pas appelé à un grand développement en France.

## 4 - REALIMENTATION DES NAPPES SOUTERRAINES

### A - DESCRIPTION SOMMAIRE

Plusieurs techniques dès maintenant connues sont disponibles et leur extension pourrait être envisagée sous certaines réserves. Nous citerons :

— l'injection de certaines eaux pluviales, après traitement, dans les couches profondes du sous-sol ;

— la réalimentation artificielle de nappes souterraines avec les eaux polluées des cours d'eau ;

— le réemploi des eaux usées urbaines, après un traitement d'épuration tertiaire, pour réalimenter des eaux souterraines.

### 1 - Injection de certaines eaux pluviales après traitement dans les couches profondes du sous-sol

L'innovation qu'on entend parfois évoquer dans certaines conversations consisterait à introduire dans des couches profondes du sous-sol suffisamment absorbantes, au moyen de forages convenables implantés à bon escient, des eaux pluviales provenant de grandes surfaces du sol imperméabilisées, telles que les routes et autoroutes, les aérodromes, ou peut-être aussi certaines voies urbaines. Cette mesure ne serait évidemment pas générale, mais elle pourrait, dit-on, offrir un intérêt pratique pour certaines régions et certains tronçons de routes.

(1) Injection of reclaimed waste water into confined aquifers, par G.M. WESNER et D.C. BAIER (J.A. W.W.A., New York, vol. 62, N° 3 mars 70).

Mais il faut faire une réserve très sérieuse sur ce procédé, car les eaux de ruissellement, devraient, au préalable être débarrassées entièrement de tous hydrocarbures ou produits toxiques.

Par ailleurs, l'idée de certains auteurs, qui verraient favorablement injecter une partie au moins des eaux de ruissellement à une profondeur suffisante dans le sous-sol des agglomérations (ou au voisinage de celles-ci) semble répondre au cri d'alarme qu'on entend répéter à propos de la baisse du niveau des nappes souterraines, en raison de l'extension de l'imperméabilisation du sol consécutive au développement de l'urbanisation.

Les forages d'alimentation devraient être aussi proches que possible des collecteurs, pour ne pas allonger ceux-ci. Dans le même ordre d'idées, ces dispositifs pourraient permettre de réduire parfois considérablement les longueurs des collecteurs d'eaux pluviales quand ceux-ci doivent rejoindre des exutoires situés à des grandes distances, pour le déversement dans un cours d'eau, un lac ou la mer. On pourrait alors faire d'importantes économies sur les collecteurs, qui sont très coûteux quand ils sont de grandes dimensions.

Mais la réserve relative aux hydrocarbures et aux produits toxiques n'en reste pas moins valable et il ne pourra jamais s'agir que de cas d'espèce.

## **2 - Réalimentation artificielle de nappes souterraines avec les eaux polluées des cours d'eau**

Ce procédé déjà bien connu, ne constitue pas une « innovation technologique », mais nous le citons parce qu'il tend de plus en plus à se développer.

Quand une nappe souterraine est située dans un terrain de granulométrie suffisamment fine, l'épuration bactériologique y est identique à celle que produit un filtre, et le pouvoir d'épuration y est d'autant plus important que les interstices où l'eau circule sont plus fins.

Dans des terrains constitués de sables de dunes, l'épuration se fait par filtration lente. Ce procédé est utilisé aux Pays-Bas, où l'eau du Rhin, très polluée, est refoulée jusqu'à des lacs artificiels au milieu des dunes, puis récupérée par des puits ou des drains situés au voisinage des zones d'infiltration. De là, elle est dirigée vers des installations de traitement par le charbon actif (La Haye), d'aération et de filtration rapide, puis de filtration lente sur sable, qui rendent l'eau potable après chloration (Amsterdam) ou même sans chloration (La Haye).

De même, dans la région du Pecq, à l'aval de Paris, de l'eau de la Seine (très polluée, on le sait) est déversée dans les alluvions d'une ancienne carrière, où elle subit une filtration avant d'aller recharger la nappe profonde de la craie. Cette recharge n'a aucun effet néfaste sur la qualité bactériologique de l'eau souterraine, dont la qualité chimique a été améliorée par réduction de la dureté.

## **3 - Réemploi des eaux usées urbaines, après un traitement d'épuration tertiaire, pour réalimenter des nappes souterraines**

Il s'agit là d'un procédé appelé à se développer dans certains cas et l'on peut encore attendre des progrès dans le domaine de l'épuration tertiaire des effluents ayant subi l'épuration biologique dans les stations d'épuration.

On peut citer l'exemple de la ville de Bâle, qui pratique la « recharge » de la nappe phréatique au moyen d'eaux usées préalablement traitées.

## **B - IMPACT PREVISIBLE**

Augmentation des réserves en eaux souterraines dont la qualité sera supérieure à celle des eaux de surface et qui se trouveront de surcroît à l'abri de la pollution atomique quand elles seront suffisamment profondes.

Cependant, il faut faire des réserves à propos des eaux de certains cours d'eau pouvant être anormalement polluées en hydrocarbures, phénols ou produits toxiques divers. Si on les emploie pour réalimenter des nappes souterraines, l'infiltration dans le sous-sol laissera accéder les produits indésirables dans la nappe où les teneurs pourront dépasser les seuils admissibles. Les couches filtrantes du sous-sol (alluvions, etc...) ont une action favorable surtout sur la qualité biologique des eaux, mais la pollution chimique demeure plus ou moins sensible, de sorte que les eaux souterraines peuvent présenter des micropollutions anormales.

D'autre part, il n'est pas exclu que, dans certains cas, si les eaux de surface utilisées sont trop chargées (argiles, limons, etc...). les couches filtrantes du sous-sol finissent par se colmater.

## **C - ENVIRONNEMENT**

### **1 - Injection de certaines eaux de ruissellement**

Sans écarter a priori de telles suggestions, on peut cependant émettre des réserves sur elles, car le problème envisagé n'est *économiquement* pas simple à résoudre. Les eaux de ruissellement sont en effet toujours polluées, et contiennent souvent des hydrocarbures ou des pesticides, et avant de les introduire dans le sous-sol il faudrait (au besoin après avoir rejeté les premières eaux) les décanter, les débarrasser de leurs traces d'hydrocarbures et leur faire subir un traitement d'épuration. De telles tentatives de récupération des eaux de ruissellement sont faites en certains endroits aux Etats-Unis pour alimenter des nappes souterraines ou pour des utilisations directes.

De telles opérations seront toujours coûteuses et comportent en outre de sérieuses sujétions d'exploitation.

On peut également se demander si, en cas de défaillance des traitements d'épuration des eaux de ruissellement contenant des hydrocarbures ou d'autres polluants (notamment des polluants toxiques accidentels), on pourrait accepter le risque de polluer les nappes souterraines très profondes, qu'il convient au contraire de tenir soigneusement en réserve à l'abri de toute pollution, pour les raisons développées au paragraphe 2 de la présente note.

On pourrait même aller plus loin dans cette voie en considérant que *l'injection d'eaux de ruissellement devrait être interdite dans certaines nappes souterraines très profondes, qu'il y aurait intérêt à conserver en réserve et à l'abri de toutes pollutions ou micropollutions.* Une telle interdiction pourrait faire partie des règles l'aménagement du territoire.

### **2 - Réalimentation avec les eaux polluées des cours d'eau et**

### **3 - Réemploi des eaux usées urbaines**

Ces eaux usées contenant généralement, dans une certaine proportion, des eaux résiduelles industrielles, des précautions doivent également être prises pour assurer l'élimination des produits chimiques et toxiques par un traitement d'épuration tertiaire.

Sont notamment concernés par la réalimentation des nappes souterraines les villes, leurs concessionnaires et leurs ingénieurs conseils. les services du Génie Rural et des Ponts et Chaussées.

## **D - OCCURRENCE**

Les techniques citées sont disponibles. Elles ne peuvent que se développer au cours des prochaines années.

## 5 - PETITS BARRAGES EN TERRE ET LACS COLLINAIRES

### A - DESCRIPTION SOMMAIRE

Il s'agit de sélectionner et de réserver des sites pour la construction de petits barrages en terre et de lacs collinaires. On ne considère ici que des ouvrages faciles à réaliser, constitués par une digue d'une hauteur généralement bien inférieure à 10 mètres.

La superficie des bassins versants est généralement modeste : en moyenne entre 50 et 100 ha. Elle dépasse rarement 500 ha. La capacité de la retenue est généralement comprise entre 10 000 et 500 000 m<sup>3</sup>, 1 000 000 m<sup>3</sup> est un volume rarement atteint ou dépassé. La hauteur d'eau est comprise entre 1 et 4 m. La surface du plan d'eau est le plus souvent comprise entre 1 et 50 ha.

La technique est connue. Il ne s'agit que d'étendre son champ d'application.

Elle permet d'augmenter les ressources en eau pour l'arrosage, l'irrigation et l'abreuvement des animaux. Elle est particulièrement utile pour les communes rurales périodiquement exposées à la sécheresse.

### B - IMPACTS PREVISIBLES

- augmentation des ressources en eau, comme indiqué ci-dessus ;
- modification écologique du secteur ;
- dans certains cas particuliers, lutte contre l'érosion ;
- pisciculture ;
- réserve d'incendie, s'il y a une agglomération ou un groupe d'habitations à proximité, ou bien une forêt à protéger ;
- valorisation de certains sites sur le plan touristique.

C'est ainsi qu'en 1971, on annonce que dix lacs artificiels vont être créés dans le Var, grâce à des barrages en terre de faible hauteur, en utilisant les possibilités offertes par un relief peu accentué. Ces lacs serviront de réserves d'incendie pour combattre les incendies de forêts, ils serviront aussi pour l'irrigation, l'abreuvement des animaux, pour des activités touristiques et sportives (natation, pêche, sports nautiques) et, semble-t-il, pour l'alimentation en eau industrielle et même en eau potable, après passage de l'eau brute par des stations de traitement.

C'est surtout dans le sud de la France que cette technique des lacs collinaires est appelée à se développer (notamment dans le Var, les Alpes Maritimes, etc..).

Il convient, naturellement, d'envisager la sélection et la réservation des sites possibles, en prévoyant les expropriations et achats de terrains nécessaires.

### C - ENVIRONNEMENT

Le Service du Génie Rural est très intéressé par cette technique, qui peut également intéresser des propriétaires terriens en vue de l'établissement de petits ouvrages devant créer de petites retenues des eaux de ruissellement dans des vallons, sur des ruisseaux, etc...

Non seulement des collectivités (communes, syndicats, etc...) peuvent être intéressées, mais aussi des associations de propriétaires. Une information pratique et une promotion dans les milieux agricoles pourraient être utiles.

De tels travaux seront facilités par le développement actuel des engins de terrassement mécanique, ainsi que par le développement des matériaux plastiques utilisables pour rendre étanche le fond des retenues d'eau (cellophane, matériaux fabriqués à partir de produits issus du pétrole, etc..).

Mais, comme obstacles au développement de la technique des retenues collinaires, il faut citer :

- les problèmes d'achats de terrains ;
- l'obtention de crédits suffisants pour exécuter les travaux ;
- la pollution des eaux de ruissellement alimentant les retenues par les pesticides et les engrais chimiques.

### D - OCCURRENCE

La technique est disponible. Sa mise en œuvre est conditionnée par les moyens financiers qu'on voudra y consacrer.

Il s'agit essentiellement de travaux d'intérêt collectif.

## 6 - CONSTITUTION DE RESERVES D'INCENDIE PAR RECUPERATION DE CERTAINES EAUX PLUVIALES

### A - DESCRIPTION SOMMAIRE

Les eaux de ruissellement en provenance des routes, des aérodromes, ou encore de certaines voies urbaines, pourraient dans certains cas particuliers, et sans subir de traitement autre qu'une simple décantation, être emmagasinées de façon à constituer des réserves d'incendie. Ce système pourrait intéresser certaines localités si leurs ressources en eau potable étaient très limitées. Les lacs collinaires (fiche 5) peuvent servir aussi de réserves d'incendie.

### B - IMPACT PREVISIBLE

Augmentation de la sécurité en cas d'incendie par constitution de réserves d'eau.

### C - ENVIRONNEMENT

Ce système est appliqué aux Etats-Unis. Les principaux intéressés sont des localités où les ressources en eau potable sont très limitées. Il serait intéressant de procéder à un inventaire de ces localités.

### D - OCCURRENCE

Quand on le désire, selon l'intérêt que manifesteront des collectivités dans des cas d'espèce.

## 7 - RESERVATION DES EAUX SOUTERRAINES POUR LES BESOINS DOMESTIQUES ET URBAINS EN PERIODE NORMALE OU EN CAS DE POLLUTION ATOMIQUE GENERALISEE

### A- DESCRIPTION SOMMAIRE

Jusqu'à présent, on a laissé les usines puiser librement dans les nappes souterraines pour les besoins industriels et on laisse également utiliser librement les eaux souterraines pour les besoins de l'irrigation des terres, les agglomérations étant de plus en plus alimentées en eau de surface traitée avec toutes les sujétions et les risques que cela implique. Or, certaines nappes profondes constituent des réserves d'eau qui ne seraient pas polluées en cas d'accident atomique, compte tenu de la lenteur de la circulation de l'eau dans ces nappes.

L'innovation consisterait :

— d'une part, à réserver aux usages domestiques et urbains les eaux souterraines en revisant les conceptions et en renversant les tendances actuelles qui ont laissé jusqu'à présent le champ libre aux industries ;

— d'autre part, à effectuer dès le temps de paix des forages profonds répartis sur l'ensemble du territoire, pour rendre les eaux souterraines immédiatement disponibles en cas de pollution atomique généralisée.

### B - IMPACTS PREVISIBLES

Les impacts prévisibles de la révision des conceptions en matière d'utilisation des eaux souterraines et de la construction de forages profonds seraient :

— une amélioration de la qualité de l'eau domestique en période normale ;

— la possibilité de survie assurée à la population en cas de pollution atomique généralisée, au moins en ce qui concerne la satisfaction des besoins en eau ;

— la nécessité d'assurer d'autres sources d'approvisionnement en eau aux industries en utilisant les eaux superficielles traitées.

### C - ENVIRONNEMENT

Le sujet a été traité par M. Jean RICOURE, Adjoint au Directeur du Service Géologique National au Bureau de recherches géographiques et minières (BRGM). On lit dans un article de cet auteur :

« En résumé, les nappes souterraines contiennent des eaux qui offrent toutes garanties sur le plan bactériologique si les prélèvements sont effectués à quelque distance des zones de pollution puisque les terrains perméables jouent le rôle de filtre. L'eau des nappes dont la teneur en éléments dissous est souvent plus forte que celle des cours d'eau, a néanmoins une composition chimique souvent fort acceptable. Bon nombre de nappes souterraines

sont protégées de tout danger de pollution et *elles constitueraient, en cas de pollution, atomique, le seul moyen pour l'homme de survivre* » (1).

« ...Il est du devoir de tous de préserver ces richesses des pollutions et d'une exploitation anarchique. Il faut que l'usage des eaux souterraines soit réservé aux besoins nobles, c'est-à-dire à ceux de l'homme » (1).

« Dans le cas de pollution atomique générale d'une région, il faut avant tout assurer la survie de l'homme. Or, cette survie n'est possible que s'il dispose d'eau non polluée et toutes les eaux de surface et celles des nappes libres le seront, soit immédiatement, soit dans un délai très bref après l'accident par suite des retombées atmosphériques. *Seules les eaux profondes pourront assurer la survie de l'homme en dehors de l'eau spécialement stockée en citerne à l'abri des retombées* ».

« Etant donné la lenteur de circulation de l'eau dans certaines nappes profondes (on a déjà cité le chiffre de plusieurs millions d'années pour la nappe des sables verts du bassin de Paris) (2), on voit que la possibilité de puiser dans ces nappes de l'eau non polluée s'étendra bien au-delà de la durée de la pollution superficielle. Les nappes souterraines présenteront donc, dans le cas de pollution atomique généralisée, la seule chance de survie de l'homme. Toutefois, la réalisation des forages nécessaires à leur exploitation ne saurait s'effectuer une fois la pollution atomique survenue... d'où la nécessité de procéder avant la pollution à l'exécution de *forages stratégiques profonds, judicieusement répartis sur l'ensemble du territoire national*, en fonction des conditions de gisement des nappes d'eau souterraines captives et des groupements humains à alimenter ».

Devant les risques dramatiques qui pèsent sur la société moderne : risques de pollution croissante en raison du développement urbain et industriel, et des déversements de produits toxiques. d'une part, et risques de pollution atomique, d'autre part, on peut se demander s'il ne va pas devenir dangereux de persister à vouloir alimenter à tout prix, et parfois exclusivement, certaines agglomérations urbaines et même de grandes villes, en eau de rivière ayant subi, il est vrai, un traitement approprié, mais pouvant être inefficace dans des périodes critiques de pollutions très anormales et accidentelles, malheureusement nullement impossibles.

Il ne semble pas que les pouvoirs publics aient pris des dispositions pour assurer des réserves suffisantes en eau non polluée en cas de guerre atomique.

L'Agence financière du bassin Seine-Normandie a prévu, dans la région du Havre, la création d'un grand réseau de distribution d'eau industrielle (en cours de réalisation) alimenté par de l'eau de la Seine traitée, *de façon à réserver en priorité les eaux souterraines aux besoins humains*.

Il en est de même pour la région de Rouen, où jusqu'à présent, les prélèvements industriels d'eau souterraine sont libres et de l'ordre de 500 000 m<sup>3</sup>/j. Il est prévu d'affecter aux utilisateurs industriels de l'eau superficielle traitée, en réservant les eaux souterraines aux usagers nobles, c'est-à-dire à la consommation humaine.

Le bassin Seine-Normandie a ainsi commencé d'agir dans la bonne voie. Il reste à savoir ce que prévoient les autres Agences financières du bassin.

*Dans le bassin Rhin-Meuse,*

— les eaux d'exhaure des mines de fer du bassin de Briey sont réservées aux agglomérations (disponible 50 000 m<sup>3</sup>/j.),

(1) Un capital à préserver : les eaux souterraines, par Jean RICOURE (Science Progrès Découverte, revue de la Société des Ingénieurs Civils de France, N° 3420, Paris, avril 1970, pp. 33-41).

(2) Cette nappe des sables verts étant située vers 600 m de profondeur (note de l'auteur).

— mais les eaux souterraines des alluvions de la Moselle au Nord de Metz sont utilisées au maximum par les industries (100 000 m<sup>3</sup>/j.),

— il est prévu de réduire la pollution de la Moselle pour la rendre à l'avenir utilisable pour l'alimentation des agglomérations, les nappes souterraines étant insuffisantes en Lorraine. Plus tard, si la Moselle est insuffisante, on fera appel aux eaux souterraines de l'importante *nappe sous-alluviale* de la Meuse.

D'autre part, en Alsace, il y a de l'eau souterraine, en quantité suffisante pour couvrir tous les besoins jusqu'à l'an 2000.

## D - OCCURRENCE

Il n'existe pas de difficultés techniques pour mettre en œuvre les innovations décrites.

Il ne semble pas que les questions financières aient ici une grande importance. L'affectation des eaux souterraines aux usages humains est essentiellement une question de conception des réseaux.

Quant aux forages profonds pour le cas de pollution atomique, ils ne devraient pas engendrer des coûts exorbitants.

## 8 - LES RESEAUX DE DISTRIBUTION D'EAU INDUSTRIELLE

### A - DESCRIPTION SOMMAIRE

Il n'est pas possible de définir une « qualité d'eau à usage industriel », car chaque industrie est un cas d'espèce, nécessitant pour la composition de l'eau dont elle a besoin des caractéristiques déterminées ou tout au moins répondant à certaines limites. Beaucoup d'usines doivent donc faire des traitements de correction sur les eaux qu'elles prélèvent dans des nappes souterraines ou des cours d'eau.

Cependant, on peut concevoir des adductions ou même des réseaux de distribution d'eau dite « industrielle », celle-ci n'étant pas soumise à des normes de qualité aussi rigoureuses que l'eau potable, à laquelle elle ne sera pas comparable au point de vue hygiénique.

Ces réseaux de distribution d'eau industrielle seront alimentés en eaux de rivières, ayant subi des traitements appropriés, moins poussés que pour l'obtention d'eau potable.

Les usines alimentées par ces réseaux auront ensuite, dans divers cas, à ajuster à leurs propres besoins l'eau ainsi fournie, étant donné qu'elles auront besoin de types d'eau industrielle très divers selon les usages prévus (eau totalement déminéralisée, eau n'ayant qu'une teneur très faible en certains ions ou en matières organiques, eau stérilisée, etc...).

### B - IMPACTS PREVISIBLES

Le développement des réseaux de distribution d'eau industrielle, dans certaines régions, permettra de réserver les

eaux souterraines à l'alimentation en eau potable des agglomérations, ainsi que le veut une tendance qui commence à se manifester.

Les eaux souterraines sont en effet de plus en plus considérées comme étant les eaux de qualité auxquelles il convient d'avoir recours en tout premier lieu pour l'alimentation en eau potable. Il conviendrait donc peut-être de moins se hâter à vouloir à tout prix utiliser les eaux de surface pour l'alimentation des collectivités.

## C - ENVIRONNEMENT

La République Fédérale Allemande offre l'exemple d'un pays alimenté en eau potable essentiellement grâce aux eaux souterraines, car près de 90 % des Services des Eaux y captent des sources ou des eaux souterraines provenant de l'infiltration d'eaux de surface enrichissant les nappes souterraines naturelles.

Aux Etats-Unis, les spécialistes s'intéressent de plus en plus aux eaux souterraines, alors que la proportion de l'eau souterraine dans les eaux potables distribuées est encore faible.

En France, de gros efforts sont faits par l'Agence financière de bassin Seine-Normandie pour obtenir que les industries utilisant des eaux souterraines les remplacent par des eaux de rivière, de façon que les eaux souterraines soient de plus en plus réservées à l'alimentation des collectivités. L'incitation des industries à réaliser les modifications voulues se fait par le jeu des redevances de prélèvements.

## D - OCCURRENCE

Des études sont en cours pour créer en Normandie des réseaux de distribution d'eau industrielle.

On peut penser que ce système est appelé à se développer également dans d'autres régions industrielles de France.

## 9 - LES TRAITEMENTS D'EPURATION DES EAUX POUR L'OBTENTION D'EAU POTABLE

### A - DESCRIPTION SOMMAIRE

S'il s'agit d'eau souterraine, celle-ci est généralement limpide et les seuls traitements à envisager éventuellement sont des traitements chimiques (*neutralisation*, si l'eau est agressive, *adoucissement*, si l'eau a une dureté trop élevée) ou un traitement de *stérilisation*.

S'il s'agit d'eau de rivière ou de lac, le traitement classique complet comprend une *floculation* au moyen d'un « coagulant » (sulfate d'alumine, chlorure ferrique, etc...), une *décantation*, une *filtration* semi-rapide ou rapide sur sable, une *stérilisation* (par le chlore ou l'ozone).

On tend de plus en plus à remplacer le sulfate d'alumine, utilisé jusqu'à présent à grande échelle, par des polymères de type « polyélectrolyte ».

La décantation lente exigeant des bassins de grande surface, la « décantation accélérée » est de plus en plus fréquemment adoptée pour les stations de traitement importantes.

Pour la stérilisation de l'eau, on a le choix entre le traitement par le chlore ou ses dérivés (chlore gazeux, eau de Javel, chloramines), le traitement par l'ozone et le traitement par les rayons ultra-violetts. Ce sont le chlore gazeux ou l'ozone qui sont le plus employés.

Dans certaines stations de traitement appliquant la chloration, l'eau filtrée et stérilisée subit finalement une filtration sur *charbon actif* granulé si l'eau traitée contient des traces de phénol, qui donne avec le chlore du chlorophénol de goût très désagréable ; le charbon actif retient le chlorophénol ainsi formé.

Le charbon actif extrait également, *par absorption*, les autres substances micropolluantes telles que les détergents, certains pesticides (dieldrine, aldrine) ou d'autres substances organiques comme le 3-4 benzopyrène, l'indol, etc...

Le charbon actif peut également être utilisé sous forme pulvérulente. Dans ce cas, on l'introduit dans les bassins de décantation, généralement à la dose de 5 à 30 g/m<sup>3</sup>.

Pour la stérilisation, la tendance moderne est de préférer l'ozonation à la chloration, l'ozone ayant une action remarquable d'inactivation des virus (ce qui n'est pas le cas du chlore) ; de plus, l'ozone élimine tous les mauvais goûts, les micropolluants tels que les phénols et les composés chlorophénolés, les détergents, les hydrocarbures.

Les goûts et les odeurs éventuels de l'eau filtrée peuvent être détruits soit par une « préchloration » effectuée avant la décantation, soit par l'ozonation au stade terminal, soit soit encore par traitement au charbon actif.

La coloration éventuelle de l'eau filtrée peut être détruite par une « préchloration » et l'action d'un coagulant, ou encore par l'ozonation.

Dans la lutte contre les micropollutions, on a introduit récemment la notion d'*affinage* de l'eau potable, qui peut être réalisé grâce au charbon actif ou à l'ozone.

Egalement, on a introduit récemment la notion de l'*ozonation vraie* (selon l'expression de M. GOMELLA). Celle-ci comporte l'application de taux élevés de traitement (jusqu'à 4 g d'ozone par mètre cube d'eau), de fortes concentrations d'ozone dans le gaz support (jusqu'à 20 g par m<sup>3</sup>) et des temps de contact suffisants (au moins 6 minutes).

Seule l'ozonation vraie permet de tirer le meilleur parti de l'éventail complet des actions de l'ozone, notamment grâce à des réactions de craquage des ozonides et d'oxydation catalytique.

Citons pour mémoire le traitement des eaux de rivières par *filtration lente* sur sable, qui est de moins en moins répandu, surtout en raison des grandes surfaces nécessaires. Ce mode de traitement évite l'emploi de la floculation et de la décantation. Il évite également, en principe, la stérilisation, l'épuration bactériologique de l'eau se faisant d'elle-même grâce à la formation d'une membrane biologique à la surface du sable.

Enfin, citons le *microtamisage*, les microtamis étant des tambours filtrants avec toile métallique ou en nylon (la taille des vides de mailles pouvant descendre à 20 microns).

Ces microtamis peuvent dans de rares cas, si l'eau brute est peu chargée, filtrer complètement l'eau. Ils peuvent le plus souvent dégrossir l'eau brute avant le traitement classique de décantation et filtration rapide sur sable.

## B - IMPACTS PREVISIBLES

Grâce au développement prévisible de l'emploi de l'ozone et du charbon actif, la lutte contre les micropollutions des eaux ira en s'amplifiant et la qualité des eaux de boisson s'améliorera.

Le développement de l'ozonation permettra de lutter contre les virus présents dans les eaux, pour le plus grand bien de la santé publique.

## C - ENVIRONNEMENT

Les stations de traitement d'eau potable doivent livrer une eau qui doit répondre aux « normes de l'eau potable ». En France, celles-ci ont été fixées par l'arrêté du Ministre de la Santé Publique et de la Population en date du 10 août 1961 relatif à l'application de l'article L. 25 - 1 du Code de la Santé Publique (Eaux potables) (J.O. du 26 août 1961), modifié et complété par les arrêtés des 28 février 1962 (J.O. du 27 mars 1962) et 7 septembre 1967 (J.O. du 30 septembre 1967).

En France, l'exemple de l'usine des eaux de Choisy-le-Roi est typique. Dans cette usine, qui épure l'eau de la Seine pour la distribuer à 1 600 000 habitants des banlieues sud et sud-ouest de PARIS, on pratique le *double affinage* des eaux grâce à l'emploi du charbon actif et de l'ozone.

Dans le domaine du *microtamisage*, la réalisation la plus marquante en France est l'usine de traitement de Saint-Maur, qui épure les eaux de la Marne pour la ville de Paris (400 000 à 600 000 m<sup>3</sup>/j.). Cette installation de microtamisage est la plus importante du monde. L'eau brute passe à travers des microtamis à maille de 35 microns, qui retiennent le plancton, avant que l'eau passe sur des pré-filtres rapides à sable.

## D - OCCURRENCE

Les besoins en eau potable croissant sans cesse, les traitements d'épuration mentionnés au paragraphe A seront de plus en plus appliqués.

Le succès du traitement par le charbon actif va faire développer davantage encore ce mode de traitement.

On peut, d'autre part, prévoir que le succès de l'ozonation entraînera progressivement une désaffection pour la chloration.

## Références

— Micropollution et affinage de l'eau potable, par P.L. GIRARDOT (Travaux, n° 414, Paris, septembre 1969, pp. 450-457).

— Les traitements d'affinage des eaux de distribution publique, par Cyril GOMELLA - SETUDE (Institut de Technique Sanitaire et Hygiène des Industries - Session de perfectionnement sur le traitement des eaux, 16-17-18 mars 1970).

— Action de l'ozone sur le virus de la poliomyélite présent dans l'eau, par P. GEVAUDAN, G. BOSSY, C. GULLIAN et Y. SANCHEZ (Centre de Perfectionnement Technique, Communication faite aux Journées de l'Eau, Paris, 9-10-11 décembre 1970).

— L'ozone, propriétés biologiques, microbicides, virulicides, par le Docteur André ORLOWSKI (La Technique de l'Eau et de l'Assainissement, n° 282, Bruxelles, juin 1970, pp. 47-55).

## 10 - LA STERILISATION DE L'EAU

### A - DESCRIPTION SOMMAIRE

La pureté bactériologique des eaux potables n'est pas l'asepsie. Elle consiste en l'absence de tout germe pathogène.

Or la contamination bactérienne des eaux est un phénomène particulièrement grave, dans le monde entier.

Les espèces microbiennes pathogènes les plus nettement transmissibles sont le bacille typhique, le bacille paratyphique, le vibrion cholérique, le bacille dysentérique. Mais les eaux usées contiennent beaucoup d'autres microorganismes, parmi lesquels il faut citer les mycobactéries (dont certaines provoquent la tuberculose), les entérobactéries pathogènes, les virus.

Les entérobactéries pathogènes comprennent notamment les *salmonella*, qui provoquent des intoxications alimentaires.

Parmi les virus pouvant se trouver dans les eaux usées et les cours d'eau, citons le poliovirus, l'adénovirus, le virus de l'hépatite infectieuse. Des entérovirus peuvent être présents en importantes quantités dans les effluents des stations d'épuration d'eaux usées, car ils échappent aux traitements classiques d'épuration. Ils passent dans les cours d'eau récepteurs où peuvent se trouver des prises d'eau de stations de traitement d'eau potable. Dans ces stations, beaucoup d'entérovirus traversent les filtres et résistent au chlore.

Pour stériliser les eaux d'alimentation d'origine superficielle ou souterraine, on a le choix entre le traitement par le chlore ou ses dérivés (chlore gazeux, eau de Javel, chloramines), le traitement par l'ozone et le traitement par les rayons ultra-violet. Ce dernier n'étant pas appliqué à l'échelle industrielle, il ne reste en présence que la chloration et l'ozonation, celle-ci se faisant par mélange intime de l'eau à stériliser avec de l'air ozoné.

BUTTERFIELD a fait de remarquables travaux de recherche sur l'influence du PH et de la température sur la survie des bactéries coliformes et pathogènes en présence de chlore résiduel libre dans l'eau. La plupart des normes de chloration dans le monde découlent de ces travaux, malheureusement peu de Services des Eaux tiennent compte des paramètres qui influencent l'efficacité de la stérilisation, à savoir : le PH, la température, la durée de contact et la concentration en chlore résiduel libre.

Les dispositifs de chloration offrent des solutions simples et très souples. Quand le fonctionnement est continu, le chlore gazeux, distribué par détendeur et doseur, assure un fonctionnement sans recharge de beaucoup plus longue durée que l'eau de Javel en solution.

Le traitement par les rayons ultra-violet, connu de longue date, réapparaît sous des formes pratiques adaptées aux petits débits et pouvant être asservies à l'automatisme des stations de pompage.

La tendance moderne est de préférer l'ozonation à la chloration, pour de multiples raisons. L'ozone a une action remarquable d'inactivation des virus. Par exemple, l'ozone inactive le virus de la poliomyélite instantanément à la dose de 0,05 à 0,45 mg/l et de plus disparaît complètement après l'opération, tandis que pour inactiver ce virus par chloration, il faudrait une dose de 4 mg/l de chlore libre, ce qui rendrait l'eau imbuvable (les doses les plus courantes de chloration étant de 0,1 à 0,5 mg/l de chlore). De plus, l'ozone élimine tous les mauvais goûts, les micropolluants tels que les phénols et les composés chlorophénolés, les détergents, les hydrocarbures.

L'ozone n'étant en aucun cas générateur de mauvais goûts, cela lui donne une incontestable supériorité sur le chlore, car on sait que ce dernier donne en particulier avec le phénol, même à l'état de traces, du chlorophénol de goût très désagréable.

En outre, l'ozone permet de réagir contre les pollutions nouvelles des eaux, créées par les pesticides et les détergents. Dans ce but, dans les stations modernes de traitement d'eau potable, on complète maintenant l'épuration des eaux par un « affinage », grâce à l'emploi de l'ozone à la place du chlore.

Il faut, en outre, signaler comme une innovation ce que M. GOMELLA appelle l'*ozonation vraie*, qui comporte l'utilisation de forts taux de traitement (jusqu'à 4 g par m<sup>3</sup> d'eau), de fortes concentrations d'ozone dans le gaz support (jusqu'à 20 g par m<sup>3</sup>) et des temps de contacts suffisants (au moins de 6 minutes).

Seule l'*ozonation vraie* permet de tirer le meilleur parti de l'éventail complet des actions de l'ozone, notamment grâce à des réactions de craquage des ozonides et d'oxydation catalytique.

### B - IMPACTS PREVISIBLES

On peut prévoir que, désormais, les grandes et moyennes stations de traitement d'eau potable seront équipées pour traiter l'eau par l'ozone.

A l'origine, le but de l'emploi de l'ozone n'était que de détruire tous les germes pathogènes. La suppression des goûts et des odeurs, ainsi que la réduction de la couleur des eaux, n'apparaissent que comme une autre conséquence heureuse du traitement. Mais aujourd'hui, l'ozonation apparaît comme un procédé complet d'épuration des eaux.

De plus, les sels minéraux contenus dans l'eau ne sont ni détruits ni altérés, et l'aérotion effectuée lors du traitement rend l'eau légère, digestive et agréable à boire.

### C - ENVIRONNEMENT

En France, les grandes installations de traitement d'eau potable les plus récentes appliquent la stérilisation par l'ozone (par exemple l'usine de Choisy-le-Roi).

Aux Pays-Bas, les installations de traitement de l'eau du Rhin pour l'alimentation d'Amsterdam et de Rotterdam comportent la stérilisation par chloration, mais les services responsables envisagent d'appliquer l'ozonation, ce qui paraît particulièrement indiqué quand on connaît les teneurs en polluants et micropolluants de toutes natures des eaux brutes du Rhin.

### D - OCCURRENCE

On peut, aujourd'hui, réaliser industriellement et dans des conditions économiques acceptables ce que M. GOMELLA a appelé l'*ozonation vraie* (voir paragraphe A).

### Références

Bactericidal properties of chloramines and free chlorine in water, par C.T. BUTTERFIELD (Public Health Reports, vol. 63, n° 29, 16 juillet 1948).

Elimination des microorganismes pathogènes au cours des traitements d'épuration, par H. LECLERC, Professeur à la

Faculté de Médecine de Lille, Chef de Laboratoire à l'Institut Pasteur de Lille (Communication aux Journées de l'Eau, Centre de Perfectionnement Technique, Paris, 9-10-11 décembre 1970).

Enteric virus in water, par N.A. CLARKE et S.L. CHANG (JAWWA, 51, New York, 1959, 1299).

Virus transmission by the water vehicle. III. Removal of viruses by water treatment procedures, par G. BERG (Health Laboratory Science, 3,170, 1966).

Modern microbiological and virological aspects of water pollution, par L. COIN, M.L. MENETRIER, J. LABONDE et M.C. HANNOUS (Second International Conference on Water Pollution, Tokyo-Pergamon Press, New York, 1964).

Les eaux de surface dans l'alimentation, par René WIBAUX, membre du Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France (Annales d'Hygiène, Paris, août-septembre-octobre 1951).

Des rivières insalubres, par Louis COIN (revue 2 000, n° 7, Paris, mars 1968, pp. 49-52).

## 11 - DEVELOPPEMENT PROBABLE DES RESERVOIRS HYDRO-PNEUMATIQUES, AU SOL OU SEMI-ENTERRES, POUR LES RESEAUX URBAINS DE DISTRIBUTION

### A - DESCRIPTION SOMMAIRE

On ne peut pas nier que les *réservoirs surélevés*, quel que soit leur type et quelle que soit même l'étude esthétique de leur forme et de leurs lignes, nuisent généralement au paysage. Rarement ils s'y intègrent de façon vraiment satisfaisante.

De grands progrès, il faut le reconnaître, ont été faits au point de vue esthétique, mais un *paysage sans réservoir surélevé semble toujours préférable*.

Les avantages d'un réservoir hydro-pneumatique sont divers. Le premier est évidemment d'ordre esthétique. De plus, le point d'implantation n'est pas imposé par la topographie. On peut parfois faire une importante économie sur le réseau de distribution en plaçant le réservoir là où il joue le mieux son rôle, en le rapprochant des quartiers construits.

Un réservoir hydro-pneumatique peut s'adapter à l'évolution du réseau dans le temps : il suffit de modifier le réglage des manostats commandant les compresseurs et la soupape électro-pneumatique, qui permet l'échappement de l'air à une certaine pression et est commandée par un pilote électrique. La pression de distribution peut être réglée dans les limites de la résistance du réservoir et de la puissance des compresseurs.

### B - IMPACTS PREVISIBLES

Un réservoir hydro-pneumatique ne comporte pas de trop-plein, ce qui peut être un avantage sérieux sur le réservoir classique dont le débordement risque d'entraîner de graves inondations, à moins d'accepter la construction coûteuse d'un égot spécial.

On peut aussi porter au crédit d'un réservoir hydro-pneumatique le fait que son poids et sa hauteur sont faibles par rapport à ceux d'un réservoir classique en béton armé, et qu'il ne nécessite le plus souvent aucune fondation spéciale.

Toutefois, s'il y a des habitations proches, l'insonorisation nécessite une étude poussée, et de toute façon la salle des machines doit être enterrée.

Les impacts prévisibles des réservoirs hydro-pneumatiques au sol ou semi-enterrés sont :

- la préservation esthétique des sites,
- plus de liberté pour le choix du terrain du réservoir,
- la réduction éventuelle des coûts d'investissement (réduction des canalisations, absence d'évacuation de trop-plein et de fondations spéciales),
- une meilleure adaptation que les réservoirs classiques à l'évolution dans le temps du réseau de distribution d'eau. Les urbanistes et les promoteurs devraient penser à cette solution.

### C - ENVIRONNEMENT

L'usage de construire des réservoirs surélevés en béton armé ou en acier est tellement enraciné qu'il semble qu'il serait nécessaire de diffuser d'avantage les informations sur les possibilités des réservoirs hydro-pneumatiques posés sur le sol ou semi-enterrés, et de recommander des études économiques comparatives portant à la fois sur ce dernier type de réservoirs et sur les réservoirs surélevés traditionnels. Quand de faibles différences des coûts de premier établissement et d'exploitation apparaîtraient, le souci de la protection du paysage devrait toujours emporter la décision en faveur du réservoir hydro-pneumatique.

Il pourra aussi arriver que ce type de réservoir s'impose *si les conditions d'exploitation sont très variables ou risquent de se modifier dans un avenir prévisible*.

On cite en France le réservoir hydro-pneumatique de Chantilly, le premier en France d'une telle capacité utile (1 450 m<sup>3</sup>).

Il consiste en une sphère en acier de 15,40 m de diamètre et d'un volume de 1 900 m<sup>3</sup>, reposant sur une tour cylindrique en béton armé de 3 m de hauteur et 8,60 m de diamètre intérieur. La tour tient lieu de salles de machines, elle contient le poste électrique, deux compresseurs d'air et le tableau de commande et de contrôle de l'installation électrique et hydro-pneumatique.

A Chantilly, le premier avantage recherché, par rapport à un réservoir surélevé, a été d'*ordre esthétique*. La hauteur a été réduite des deux tiers par rapport à un réservoir classique équivalent. Dans un autre cas, on pourrait même enterrer la tour-support, de sorte que le réservoir se présenterait alors comme une sphère posée sur le sol.

On peut citer de même l'alimentation des quartiers hauts de la rive gauche de Laval par une station de pompage avec réservoirs sous pression d'air.



## D - OCCURRENCE

Il n'existe pas de difficultés sérieuses de mise en œuvre de tels réservoirs. On peut penser que si une plus grande diffusion de l'intérêt de ces ouvrages, dans certains cas de la pratique, était faite dans les milieux techniques et administratifs, ils pourraient probablement faire l'objet à l'avenir de réalisations plus nombreuses.

### Références

— L'Eau, février 1962 (article de VALIBOUSE).

— Le réservoir hydro-pneumatique de Chantilly, par Michel BURIN des ROZIERES (Technique et Services Municipaux, mars 1969).

— Techniques et Services Municipaux, août-septembre 1965, pp. 277-281 (l'alimentation des quartiers hauts rive gauche de Laval par une station de pompage à réservoir sous pression, par D. BURQ).

## 12 - LES TRAITEMENTS D'EPURATION DES EAUX USEES URBAINES, MELANGEES OU NON A DES EAUX RESIDUAIRES INDUSTRIELLES

### A - DESCRIPTION SOMMAIRE

Un réseau d'égouts urbain peut ne recevoir que les eaux usées domestiques et les eaux de lavage des voies publiques (les égouts étant du système unitaire ou du système séparatif). Il arrive aussi que des eaux résiduaires industrielles, ayant subi ou non un prétraitement, soient déversées dans un réseau d'égouts d'une collectivité, où elles se mélangent aux eaux usées urbaines.

Si le réseau d'égouts aboutit à une station d'épuration, on dit que l'épuration est *mixte* ou non, selon que l'effluent à traiter est constitué par des eaux usées urbaines mélangées ou non avec des eaux résiduaires industrielles. Pour l'épuration des eaux usées urbaines, ou pour l'épuration mixte, on distingue les traitements successifs suivants : les traitements préliminaires, les traitements primaires, les traitements secondaires et les traitements complémentaires, dits aussi « tertiaires » ou « avancés ».

Les *traitements préliminaires* ont pour but de retenir les matières séparables par des procédés physiques ou mécaniques, simples : les matières volumineuses sont retenues par des grilles, les sables sont retenus dans des bassins dessableurs, les huiles le sont par des installations de déshuilage, les autres matières flottantes par des installations d'écumage. Parmi les traitements préliminaires se classe aussi la « dilacération » des déchets solides, dont le déchetage favorise la dispersion dans les eaux usées.

Les *traitements primaires* sont des procédés physiques ou éventuellement physico-chimiques (par exemple, décantation plus ou moins poussée dans des « décanteurs primaires »).

Les *traitements secondaires* sont des traitements « biologiques ». Parmi ceux-ci, on distingue les procédés naturels et les procédés artificiels.

Les procédés biologiques naturels permettent l'épuration par le sol (en particulier « épandage ») ou par les étendues d'eau (étangs d'oxydation, bassins de stabilisation).

Les procédés biologiques artificiels comprennent le procédé des lits bactériens, celui des *boues activées*, celui des *disques biologiques*.

Les procédés *d'oxydation totale*, les *chenaux d'oxydation* avec brosses rotatives, l'aération prolongée (avec injection d'air comprimé ou aérateurs de surface du genre « turbine ») ne sont que des aspects particuliers du procédé général des boues activées.

Les boues résiduaires de l'épuration biologique, après digestion (aérobie, ou anaérobie, selon les cas) sont séchées en plein air sur des « lits de séchage de boues », ou déshydratées (par filtres-presses, ou sous vide, ou par centrifugation) et les résidus peuvent être incinérés.

Le plus souvent, on s'arrête au stade de l'épuration secondaire (biologique), sauf s'il est question de réutiliser l'effluent après une épuration tertiaire. Les effluents secondaires sont rejetés dans le milieu naturel (cours d'eau, lac ou mer).

Les *traitements tertiaires* comprennent, selon les cas, la coagulation physico-chimique suivie d'une décantation, le microtamisage ou la filtration sur sable, la déphosphatation, l'oxydation, le moussage, l'absorption par le charbon actif, la chloration, l'ozonation, ainsi que divers procédés connus d'une façon générale comme étant des procédés de dessalement des eaux (distillation, électrodialyse, échange d'ions, osmose inverse, extraction par solvant sélectif).

### B - IMPACTS PREVISIBLES

Le développement des stations d'épuration d'eaux usées permettra de réduire la pollution des cours d'eau, des lacs ou des eaux littorales, de protéger la flore et la faune aquatiques, de protéger les plages, les baignades, les parcs à coquillages.

Les traitements « tertiaires » permettront la « réutilisation » des eaux usées pour les usages industriels, pour les aménagements destinés aux loisirs et aux sports, ou même, en cas de nécessité absolue, pour l'alimentation humaine en eau potable.

### C - ENVIRONNEMENT

En France, une enquête faite par le Ministère de l'Intérieur a révélé en 1960 que, pour l'ensemble de 2 764 communes de plus de 2 000 habitants (Paris non compris) le pourcentage d'habitants desservis par un réseau d'assainissement était de 54 %, et que 13 % seulement de la quantité d'eaux usées collectées étaient traitées avant rejet dans le milieu naturel.

Aux Etats-Unis, plus de 2 000 agglomérations déversaient encore en 1969 leurs eaux d'égouts directement dans les cours d'eau, sans les traiter dans des stations d'épuration.

En ce qui concerne l'épuration *mixte* en France, l'ordonnance du 23 octobre 1958 (J.O. du 26 octobre) a confirmé qu'une commune ne peut pas obliger un industriel à déverser ses eaux résiduaires dans le réseau d'égouts communal, mais également qu'un industriel ne peut pas imposer à une commune de recevoir les eaux résiduaires d'une usine. Ces questions ne peuvent être résolues que par un accord entre les parties, avec éventuellement une participation de l'industriel aux dépenses de premier établissement ou de modification du réseau communal d'assainissement et de la station d'épuration. Il n'y a pas de règle absolue à ce sujet.

En ce qui concerne l'épuration *tertiaire* des eaux usées, on peut citer la ville allemande de Bielefeld, qui ajoute à l'eau de la nappe souterraine qui l'alimente environ 10 % d'eaux usées épurées.

A plus grande échelle, dans la région de Los Angeles, on récupère environ 50 000 m<sup>3</sup>/jour d'eaux usées, qui après épuration servent à réalimenter la nappe souterraine.

Dans le Sud-Ouest Africain, la ville de Windhoek régénère l'effluent de sa station d'épuration d'eaux usées pour assurer son alimentation en eau potable.

A Baltimore (Maryland), une usine sidérurgique utilise pour ses circuits de refroidissement les eaux usées épurées de cette ville.

## D - OCCURRENCE

Le développement de l'épuration des eaux usées est avant tout une question financière.

Une station d'épuration ne coûte en général que 10 à 15 % de ce que coûte l'ensemble d'un réseau d'égouts.

Il a été établi qu'il faudrait, en France, dépenser 1 milliard de francs par an (environ 1 % du budget) pour lutter convenablement contre la pollution des eaux.

Les « Agences financières de bassin », de création récente, perçoivent désormais les « redevances pour prélèvement de l'eau » et les « redevances pour détérioration de la qualité de l'eau » (précédemment dénommées « redevances de pollution »).

En ce qui concerne la pollution, les redevances dues par les collectivités sont imputées sur les « redevances d'assainissement » dues par les usagers. L'incidence de ces redevances est de l'ordre de 5 à 6 centimes par mètre cube d'eau d'alimentation vendue aux particuliers et aux petites industries. Quand des industries importantes sont branchées sur le réseau d'égouts communal, l'incidence peut atteindre au maximum 10 ou 12 centimes par mètre cube d'eau d'alimentation ou à usage industriel vendue.

En général, la « redevance pour détérioration de la qualité de l'eau » ne représente que 10 à 15 % de la « redevance d'assainissement ».

Le produit de ces « redevances pour détérioration de la qualité de l'eau » permettra la réalisation des installations nécessaires pour lutter contre la pollution des eaux.

D'autre part, en ce qui concerne l'épuration mixte, on doit noter que, dans les cas où l'épuration mixte est possible, elle est toujours valable au point de vue économique. Dans ce but, il convient de poursuivre les études sur la nature des eaux résiduaires industrielles qui sont susceptibles d'être traitées dans des stations d'épuration urbaines.

## Références

— Pratique de l'assainissement des agglomérations urbaines et rurales, par Henri GUERREE, Cyril GOMELLA et Bernard BALETTE (5<sup>e</sup> édition, Eyrolles, Paris 1970).

— Manuel de l'assainissement urbain, par Karl R. IMHOFF, traduit et commenté par Pierre KOCH (5<sup>e</sup> édition, Eyrolles, Paris, 1970).

— Assainissement des agglomérations et protections sanitaires des milieux récepteurs (Circulaire du Ministre de la Santé Publique et de la Sécurité Sociale en date du 7 juillet 1970 - J.O. du 7 août 1970).

— Evolution et perfectionnements des techniques d'épuration des eaux usées et des effluents industriels - Tour d'horizon technique et économique par J.R. VAILLANT (Collection du BCEOM, Eyrolles, Paris, 1971).

— Le problème de l'eau (Notice de l'Association Nationale pour la Protection des Eaux, Paris).

— Le programme d'intervention 1969-1972 de l'Agence Financière de bassin « Seine-Normandie », par F. VALIRON (l'Eau, Paris, mars 1969, pp. 155-161).

## 13 - ETANGS D'EPURATION DES EAUX USEES

### A - DESCRIPTION SOMMAIRE

Pour l'épuration des eaux usées, on peut utiliser des étangs, naturels ou artificiels, recevant soit des eaux d'égouts brutes, soit des eaux d'égouts déjà partiellement traitées, et dans lesquels des processus d'épuration naturelle se développent sous l'influence des rayons solaires et de l'oxygène de l'air ainsi que de l'oxygène produit par des algues microscopiques (photo-synthèse chlorophyllienne).

On appelle *étang d'oxydation* un étang où se déroule le processus naturel de l'autoépuration, tandis que l'expression « *étang de stabilisation* » est une dénomination plus générale s'appliquant à tous processus de stabilisation, qu'ils soient aérobies ou anaérobies.

Un *étang de stabilisation* peut être un ouvrage recevant des eaux d'égouts brutes et assurant, outre la décantation alors nécessaire, l'épuration biologique naturelle. Un tel ouvrage fonctionne alors dans une partie de sa capacité comme bassin anaérobie de *sédimentation*, et dans l'autre partie comme *bassin d'oxydation*.

Les étangs de stabilisation peuvent être utilisés pour traiter, à l'état brut ou décanté, soit les eaux usées domestiques, soit les matières organiques des eaux résiduaires industrielles, ces dernières étant mélangées ou non à des eaux usées domestiques.

Il faut noter cependant que ce procédé d'épuration ne convient généralement que pour des agglomérations n'ayant pas plus de 5 000 à 10 000 habitants.

Une station d'épuration de ce genre comporte le plus souvent plusieurs bassins en série ou en parallèle.

Il existe des étangs d'oxydation dans lesquels on intensifie le processus naturel d'épuration grâce à un « aérateur » mécanique, pouvant être une brosse rotative ou une turbine de surface (lagunage aéré).

### B - IMPACTS PREVISIBLES

Ce procédé d'épuration est applicable quand on dispose de beaucoup d'espace. Aux Etats-Unis, les étangs de stabilisation occupent, en moyenne, une superficie de 2 ha pour 1 000 équivalents-habitants. On admet en général de 20 à 40 m<sup>2</sup> par habitant.

Des applications peuvent être envisagées sur certains littoraux français.

### C - ENVIRONNEMENT

Il manque encore en France un nombre considérable de stations d'épuration d'eaux usées.

Il faut signaler les études du fonctionnement des étangs de stabilisation du Grau-du-Roi, faites par le BCEOM pour le compte de la Direction Départementale de l'Equipement du Gard.

Il serait faux de dire que tous les étangs de stabilisation sont sans odeurs, mais les odeurs peuvent être supprimées, soit grâce à la diminution de la charge polluante par unité de volume ou de surface d'un étang, soit grâce à l'installation d'un aérateur mécanique.

## D - OCCURRENCE

Il pourrait y avoir intérêt à faire un inventaire, s'il n'est pas encore fait, des localités de France qui pourraient éventuellement, au cours des années à venir, être amenées à pratiquer ce mode d'épuration de leurs eaux usées. La réservation éventuelle des terrains nécessaires pourrait alors être envisagée.

### Références

Etangs et bassins d'épuration d'eaux usées en région tropicale (Bulletin d'information du Service de l'Habitat et de l'Urbanisme du BCEOM n° 25, 3<sup>e</sup> et 4<sup>e</sup> trimestre 1963).

Etude des conditions de fonctionnement des étangs de stabilisation du Grau-du-Roi Phase préliminaire (BCEOM, Direction Départementale de l'Équipement du Gard, avril 1969).

Études des conditions de fonctionnement des étangs de stabilisation du Grau-du-Roi - Cycle d'une année, Rapport provisoire (BCEOM, Direction Départementale de l'Équipement du Gard, février 1970).

Synthèse des principales connaissances actuelles.

## 14 - L'AÉRATION ARTIFICIELLE DES COURS D'EAU ET DES LACS

### A - DESCRIPTION SOMMAIRE

La présence d'oxygène dissous dans les cours d'eau est indispensable pour la vie de la faune aquatique, ainsi que pour assurer la désintégration des matières contenues dans les eaux usées reçues par les cours d'eau.

Tant qu'un cours d'eau contient de l'oxygène en excès, l'autoépuration s'exerce normalement, par l'intermédiaire des plantes et des animaux de toutes sortes et principalement au moyen des bactéries.

Le « plancton » est l'ensemble des organismes en suspension dans un cours d'eau ou un lac, qui effectuent le travail de l'épuration. La prolifération du plancton est favorisée par l'apport en substances nutritives qui résulte de la pollution des eaux. De plus, c'est grâce à la pollution organique, qui assure la prolifération des microorganismes, que les eaux courantes peuvent mieux dégrader certains déchets impropres à la vie bactérienne, tels que les matières toxiques, les acides, les huiles minérales, le phénol.

Les matières organiques présentes dans l'eau d'une rivière ou d'un lac subissent une fermentation aérobie ou anaérobie selon que le milieu contient ou non, en quantité suffisante, de l'oxygène dissous. Dans le premier cas, il se forme de l'anhydride carbonique, de l'eau et des nitrates. Dans le second cas, il se forme non seulement de l'anhydride carbonique, mais aussi du méthane, de l'hydrogène sulfuré, des composés ammoniacaux, ainsi que de nombreux produits tels que des acides aminés, des acides gras, des phénols, crésols, mercaptans, et autres corps, généralement toxiques pour les organismes vivants.

Il existe donc deux modes d'auto-épuration : l'un suit la voie directe d'épuration avec un excès constant d'oxygène, l'autre suit la voie de la putréfaction.

L'eau d'une rivière ou d'un lac est réalimentée en oxygène dissous grâce aux échanges avec l'atmosphère ; de plus, durant le jour, les organismes à fonction chlorophyllienne fournissent à l'eau de l'oxygène produit au cours de leurs synthèses.

L'oxygène de l'atmosphère se dissout d'autant plus que le déficit de saturation de l'eau en oxygène est plus grand, que la température est plus basse et que la turbulence des eaux est plus grande.

Dans le « bilan en oxygène » doivent s'équilibrer les consommations d'oxygène par les phénomènes biologiques, la teneur initiale en oxygène immédiatement à l'aval d'un point de déversement d'eaux usées dans le cours d'eau, et les apports d'oxygène par la réaération et les organismes à fonction chlorophyllienne.

L'intensité des phénomènes biologiques exige beaucoup d'oxygène et il faut, de toute façon, que dans un cours d'eau la teneur en oxygène dissous ne tombe pas en-dessous de la limite admise pour la vie des poissons (3 à 4 mg/l).

Au besoin, pour assurer dans un cours d'eau ou un lac, la teneur minimale nécessaire en oxygène dissous, on a la ressource de pratiquer l'aération artificielle.

Dans les méthodes d'aération artificielle, on utilise, selon les cas, la chute de l'eau, la présence d'obstacles dans le cours de l'eau, l'agitation ou la déviation de l'écoulement, la rotation de l'eau ou l'injection d'air comprimé.

L'injection d'air comprimé implique une dépense élevée d'énergie. Les procédés mécaniques (agitateurs, turbines, tourniquets, etc...) conduisent à une consommation d'énergie moins élevée, mais sont moins efficaces quand il s'agit d'un cours d'eau.

Il existe des turbines ne consommant que 0,65 kWh environ par kilogramme de D.B.O<sub>5</sub> éliminé (1). Par la variation de l'immersion de l'appareil, on peut adapter la consommation d'énergie aux besoins.

Ces turbines peuvent être montées sur flotteurs pour aérer des étangs, des lacs, les rivières.

### B - IMPACTS PREVISIBLES

L'aération artificielle des cours d'eau et des lacs améliorera la qualité des eaux en empêchant une teneur trop basse en oxygène, de façon à protéger la vie du milieu aquatique.

La réaération est davantage nécessaire l'été en région tempérée ou durant la saison sèche en région tropicale — ou durant la saison sèche en région tropicale — en raison de la diminution du débit des cours d'eau (donc de l'augmentation relative de la charge polluante) et aussi de l'élévation de la température de l'eau, ces deux facteurs ayant pour effet d'augmenter la consommation d'oxygène, alors que la quantité d'oxygène dissous est moins grande (la teneur des eaux en oxygène dissous à saturation est de 12,7 mg/l à 5° C, 10 mg/l à 15° C et seulement 8,4 mg/l à 25° C).

Il faut bien remarquer cependant qu'on ne cherche nullement à relever la teneur en oxygène jusqu'à la teneur de saturation. De plus, une installation de réaération ne remplacera jamais une station d'épuration d'eaux usées.

Les installations de réaération devront être implantées, autant que possible, aux points des cours d'eau où se manifeste la réduction critique de la teneur de l'eau en oxygène, de façon que le rendement de l'opération soit optimal.

(1) Rappelons que le sigle DBO<sub>5</sub> désigne la « demande biologique d'oxygène à 5 jours ».

On devra ne pas perdre de vue qu'une méthode simple de réaération consiste à créer des chutes de l'eau. On améliorera la qualité des eaux en particulier grâce à des chutes à la sortie des écluses, des barrages ou des turbines hydrauliques, quitte à perdre ainsi quelques pourcents de rendement énergétique.

## C - ENVIRONNEMENT

L'aération artificielle des cours d'eau et des lacs se développe actuellement (on cite les exemples des retenues du bassin de la Ruhr, de certains cours d'eau des Etats-Unis, etc...).

Il existe des projets de réaération pour la Seine en aval de Paris, pour le lac Léman, etc...

## D - OCCURRENCE

Dans bien des cas, la réaération des eaux de surface est valable économiquement.

La création d'une chute de l'eau est le procédé qui se justifie le plus facilement, parce qu'il est le moins onéreux (une hauteur de chute à l'air libre de seulement un mètre augmente la teneur en oxygène dissous d'une eau courante d'une quantité pouvant atteindre parfois 20 ‰).

Dans d'autres cas, on fera de l'aération superficielle par un procédé mécanique (turbine), ou bien on injectera de l'air comprimé au fond du cours d'eau, mais l'injection d'air est toujours très onéreuse.

On a étudié aux Etats-Unis le coût de la réaération pour diverses installations fournissant dans un cours d'eau 16 tonnes d'oxygène par jour durant 90 jours par an. Le coût global annuel (comprenant l'amortissement sur 20 ans et les frais d'exploitation) était en 1966 de 8 280 dollars pour une installation d'injection d'air, de 8 500 dollars pour une aération superficielle par un procédé mécanique, de seulement 2 400 dollars pour une aération par une chute en cascade, et de 2 810 dollars pour une réaération par passage d'un effluent dans une turbine hydro-électrique avant rejet dans une rivière (cas de certaines industries travaillant la pulpe de bois).

Un autre exemple typique de l'intérêt économique du procédé est le suivant. Aux Etats-Unis, dans le bassin supérieur de la « Passaic River », les stations d'épuration d'eaux usées ne réalisent, en ce qui concerne la réduction de la « demande biochimique d'oxygène » (D.B.O<sub>5</sub>) qu'une épuration à 78,7 ‰ et il serait nécessaire de porter ce taux à 98,5 ‰, pour obtenir un taux de 4 mg/l d'oxygène dissous dans la rivière. Plutôt que de renforcer les stations d'épuration d'eaux usées, le même résultat peut être obtenu avec des aérateurs en rivière avec une économie des deux tiers sur le coût.

## Bibliographie

— Avenir de la réoxygénation. par M.J. SNEL (La Technique de l'Eau et de l'Assainissement, n° 281, Bruxelles, mai 1970, pp. 25-28).

— Beluckting bij Stuvven, par Ir. I van SELM (Water, n° 20, Pays-Bas, octobre 1967, pp. 353-358).

— Weirs in aeration for rivers, par A. JAMESON (Journal Inst. Water Engineers, 11, 1957, pp. 477-490).

— Reoxygenation of the Meuse in the Liège Basin, par F. EDELINE (La Tribune du CEBEDEAU, Liège, 16, 240, 1963, pp. 509-514).

— Aeration studies at four Weir systems, par BARRET et GAMESON (Water and Water Engineering, Grande-Bretagne, 64, 1960, pp. 407-412).

# 15 - REUTILISATION DES EAUX USEES REGENEREES PAR EPURATION TERTIAIRE

## A - DESCRIPTION SOMMAIRE

Il s'agit d'un impact des traitements d'épuration dits « complémentaires » ou « tertiaires », ou « avancés ».

Il s'agit de procéder à l'épuration plus complète des effluents secondaires issus des stations d'épuration d'eaux usées et de les acheminer vers leur nouvelle utilisation.

La réutilisation des eaux usées régénérées peut être envisagée :

— pour la réalimentation de nappes souterraines,

— pour l'irrigation, l'alimentation des plans d'eau destinés aux sports nautiques, aux baignades ou à la pêche, ou pour les usages industriels,

— pour la distribution d'eau potable, dans certains cas particuliers.

Ces procédés sont en voie de développement.

## B - IMPACTS PREVISIBLES

Ce sont :

— l'augmentation des réserves des nappes souterraines,

— l'augmentation des ressources disponibles pour les usages agricoles, nautiques ou industriels, voire même pour la consommation humaine,

— la réduction de la pollution de certains cours d'eau.

## C - ENVIRONNEMENT

Il faut d'abord qu'existent les stations d'épuration secondaire. Or ces dernières sont encore, partout, en nombre très insuffisant.

1 - Réalimentation des nappes souterraines : voir fiche 4

### 2 - Irrigation, plans d'eau, usages industriels

De nombreux exemples de régénération d'eaux usées urbaines existent aux Etats-Unis. C'est ainsi que la réutilisation des eaux usées après traitement approprié existe depuis 1925 à Grand Canyon Village (Arizona), où le manque d'eau est très préjudiciable au développement du tourisme. La régénération consiste en une épuration par boues activées, une filtration sur anthracite et une chloration. On obtient de l'eau convenant aux besoins sanitaires (W.C.), à l'irrigation de plantations arboricoles, à la production de vapeur, à la réfrigération (1).

L'exemple de la ville de Lancaster (37 000 habitants) en bordure du désert de Mojave en Californie, est intéressant au point de vue urbanistique et social. Les eaux usées de cette agglomération séjournent d'abord dans des étangs

(1) Réutilisation de l'eau à Grand Canyon par E.C. GARTHE et W.C. GILBERT (Journal WPCF, vol. 40, n° 9, septembre 1968).

d'oxydation, puis sont traitées au sulfate d'albumine (300 mg/l), subissent une sédimentation, sont filtrées sur sable, subissent une chloration (15 mg/l) et sont enfin évacuées dans un lac réservé aux loisirs (yachting et pêche) (1).

Une ville d'Afrique du Sud va être alimentée en eau potable provenant de ses eaux régénérées.

Citons aussi l'exemple de Las Vegas (Nevada) où la Compagnie « Nevada Power » achète environ 16 000 m<sup>3</sup>/jour d'eau brute en provenance des usines d'épuration des eaux usées de la ville et de la région environnante, et l'utilise comme eau de refroidissement dans deux usines thermiques productrices de vapeur et d'électricité. Ces effluents sont achetés à un prix correspondant à environ 0,04 franc par mètre cube. On leur fait subir un traitement chimique de déminéralisation, et le prix de revient final de 0,11 franc par mètre cube fait que l'eau industrielle ainsi obtenue est considérablement meilleur marché que l'eau de la ville, valant 0,30 franc le mètre cube pour les usages industriels (2).

Il est certain qu'en France, la demande croissante en eau doit faire étudier les possibilités techniques et économiques de régénérer au moins une partie des eaux usées urbaines de certains secteurs, en vue de réutilisations agricoles, industrielles, ou urbanistiques et sportives (plans d'eau).

Quand les *projets de villes nouvelles* comportent la *création de grands plans d'eau pour les sports et la pêche*, et si ces plans d'eau ne peuvent pas être suffisamment alimentés par les cours d'eau existants, il importe d'étudier également leur alimentation par les eaux usées régénérées de l'agglomération.

Pour les usages industriels ou agricoles, il pourra être intéressant d'appliquer aux eaux usées un traitement de dessalement (par osmose inverse par exemple). Le procédé de l'*osmose inverse* paraît, dans ce domaine, particulièrement intéressant, mais pour le moment les unités d'osmose inverse ne semblent pas dépasser en France des débits de 50 à 100 m<sup>3</sup>/j, et l'on ne connaît pas encore dans le monde d'installations de plus de 300 ou 400 m<sup>3</sup>/j, bien que les spécialistes prévoient pour plus tard des débits de l'ordre de 5 000 m<sup>3</sup>/j et même bien davantage.

### 3 - Eau potable

Le réemploi des eaux usées régénérées est admissible sans sérieuses objections pour les besoins agricoles ou industriels, ou de vastes plans d'eau destinés aux sports ou à la pêche. Il n'en est pas de même pour les besoins en eau potable, pour lesquels le réemploi d'eaux usées régénérées est sujet à controverse.

Les techniques de régénération des eaux usées ont cependant paru suffisamment avancées pour que la ville de Windhoek, dans le Sud-Ouest africain, demande en 1965 au « National Institute for Water Research » d'Afrique du Sud d'étudier la régénération de ses eaux usées pour leur réemploi dans le réseau de distribution d'eau potable de la ville. Le procédé prévu comprend une épuration biologique, puis le traitement à la chaux et au chlore, une sédimentation, une filtration sur sable et une filtration sur charbon actif (3) (4).

(1) Conférence internationale de la recherche sur la pollution des eaux, Munich Formal discussion, paper II-1, discussions par John D. PARKHURST - Water Pollution Control Federation, Washington, 1966).

(2) Scientists press ways to get water that is potable from city sewage (Wall Street Journal, 9 décembre 1965).

(3) The reclamation of sewage effluents for domestic use, par G.G. CILLIE, L.R.J. VAN VUUREN, G.J. STANDER et F.F. KOLBE (Conférence internationale de la recherche sur la pollution des eaux, Munich - Water Pollution - Control Federation, Washington, 1966).

(4) Conférence internationale de la recherche sur la pollution des eaux, Munich Formal discussion, paper II-1, discussion par John D. PARKHURST - Water Pollution Control Federation, Washington, 1966.

L'idée de transformer des eaux d'égouts en eau potable peut paraître rebutante au point de vue hygiénique, et pourtant c'est bien ce qui se passe déjà, par exemple, à l'usine de traitement d'eau potable de Suresnes, en aval de Paris, qui traite des eaux de la Seine contenant des eaux d'égouts, diluées il est vrai.

Malgré tout, certains spécialistes font valoir que la contamination des eaux d'égouts par les virus est préoccupante. Les virus provenant des matières fécales participent en effet activement à la pollution des eaux, car ils sont filtrants. Les virus entériques et le virus de la poliomyélite résistent au chlore. Seul, le traitement par l'ozone peut inactiver ces virus.

Cependant, aux Etats-Unis, des experts sont convaincus qu'il sera possible de développer le réemploi des eaux usées régénérées et transformées en eau potable. Une station-pilote permet d'étudier ce problème depuis 1965 à Lebanon (Ohio), où une partie des eaux usées de cette localité de 7 000 habitants est transformée en eau potable (1).

## D - OCCURRENCE

Des plans d'eau sont prévus dans les villes nouvelles au voisinage de Paris ; il ne semble pas que leur alimentation à partir des eaux usées soit envisagée. La diffusion de la réutilisation des eaux usées sera probablement assez lente en France, sauf dans le domaine industriel.

Aux Etats-Unis, il existe dès maintenant des réalisations. Un grand essor est promis à ces procédés en un grand nombre de pays.

## 16 - LE PROBLEME DE LA CLASSIFICATION DES COURS D'EAU

### A - DESCRIPTION SOMMAIRE

Pendant longtemps, la préoccupation essentielle sur le plan juridique a été d'aboutir à une classification satisfaisante des différentes sortes d'eaux : eaux domaniales, superficielles et souterraines, etc, sans que le souci de leur commune protection passe jamais au premier plan.

La loi du 8 avril 1898 impose aux riverains qui veulent utiliser l'eau d'une rivière navigable ou d'un canal d'en demander l'autorisation à l'Administration, sous réserve de ne pas occasionner certaines nuisances. Le Service des Ponts et Chaussées est compétent en cette matière pour les eaux domaniales classées dans le domaine public de l'Etat, ainsi que pour les cours d'eau navigables. En ce qui concerne les eaux non domaniales pour les cours d'eau non navigables ni flottables, c'est le Service de l'Hydraulique agricole qui a la mission d'en assurer la conservation (art. 103 du Code Rural).

D'autre part, le décret n° 58-873 du 16 septembre 1958 (J.O. du 25 septembre 1958) dit dans son article premier :

« Les eaux libres, lacs, canaux, ruiseaux ou cours d'eau *quelconques* du territoire sont classés dans les deux catégories conformément à l'état ci-annexé ».

(1) Scientists press ways to get potable water from cities' sewage (Wall Street Journal, 9 décembre 1965).

La première catégorie est celle des « salmonidés dominants » et la deuxième est celle des « cyprinidés dominants ».

Ce décret a été suivi par des textes rectificatifs désignés ci-après : décret du 5 juin 1961 (J.O. du 16 juin 1961), décret du 24 août 1962 (J.O. du 29 août 1962), décret du 28 juillet 1964 (J.O. du 8 août 1964) rectifié dans le J.O. du 13 octobre 1964 et modifié par décret du 11 janvier 1965 (J.O. du 24 janvier 1965).

La loi du 16 décembre 1964 n'a pas abrogé les textes existants.

Dans son article 29, cette loi du 16 décembre 1964 précise que le domaine public fluvial comprend les cours d'eau navigables ou flottables, les lacs navigables ou flottables, les rivières canalisées, les canaux de navigation, les cours d'eau, lacs ou canaux qui, rayés de la nomenclature des voies navigables ou flottables, ont été maintenus dans le domaine public, les cours d'eau et lacs classés dans le domaine public en vue d'assurer l'alimentation en eau des voies navigables, les besoins en eau de l'agriculture et de l'industrie, l'alimentation des populations ou la protection contre les inondations.

Les cours d'eau et les lacs appartenant au domaine public sont appelés « cours d'eau et lacs domaniaux ». Selon l'article 34 de la loi de 1964, l'expression « navigables ou flottables » est remplacée par « domaniaux ou domaniales ».

Une section de la loi de 1964 traite des « cours d'eau mixtes », ceux-ci étant définis comme étant ceux sur lesquels le droit à l'usage de l'eau appartient à l'Etat, et dont le lit appartient aux riverains.

Les riverains des cours d'eaux « mixtes » ne sont assujettis à aucune redevance domaniale sur l'eau, dont ils peuvent être autorisés à se servir dans la mesure prévue à l'article 644 du code civil.

L'article 38 de la loi stipule que le classement d'un cours d'eau ou section de cours d'eau comme « cours d'eau mixte » est prononcé, après enquête d'utilité publique, par décret en Conseil d'Etat.

D'autre part, au point de vue de la qualité des eaux, lors de la discussion du projet de loi qui a abouti à la loi du 16 décembre 1964, les membres du Parlement se sont trouvés devant un projet initial du Gouvernement qui avait prévu que des décrets en Conseil d'Etat, pris après enquête publique, détermineraient le classement des cours d'eau en catégories, suivant leurs qualités et spécifications techniques. La Commission de l'Eau du IV<sup>e</sup> Plan avait, à cet effet, envisagé le « classement catégoriel » déjà connu en Belgique, en URSS ou aux Etats-Unis, par exemple.

Ce projet de classement en quatre classes figure à la fin de cette fiche.

La classe I correspondait à une zone où la pollution est faible ou nulle, la classe II à une zone où la pollution n'est pas importante, la classe III à une zone où la pollution est importante et la classe IV à une zone où la pollution est très importante.

Mais des résistances très vives se sont manifestées lors des débats parlementaires et ont obligé le gouvernement à abandonner ce projet de classement.

Finalement, l'article 3 de la loi du 16 décembre 1964 prévoit que « dans un délai de deux ans après la promulgation de la loi, les eaux superficielles : cours d'eau, canaux, lacs et étangs appartenant au domaine public, feront l'objet d'un inventaire établissant leur degré de pollution. Des fiches seront établies pour chacune de ces eaux, d'après des critères physiques, chimiques, biologiques et bactériologiques pour déterminer l'état de chacune d'elles. Ces documents seront révisés périodiquement et chaque fois qu'un changement exceptionnel ou imprévu affectera l'état de la rivière.

Ce « cadastre hydrologique » n'aura aucunement l'effet de figer une situation, mais sera le préalable nécessaire à une politique de régénération des cours d'eau, ou plus exactement de réduction de leur pollution.

## B - IMPACTS PREVISIBLES

En application de l'article 3 de la loi du 16 décembre 1964, les décrets fixeront :

— d'une part, les spécifications techniques et les critères physiques, chimiques, biologiques et bactériologiques auxquels les cours d'eau, sections de cours d'eau, canaux, lacs ou étangs devront répondre, notamment pour les prises d'eau assurant l'alimentation des populations,

— et d'autre part, le délai dans lequel la qualité de chaque milieu récepteur devra être améliorée pour satisfaire les intérêts des usagers de l'eau.

Ces décrets seront pris cours d'eau par cours d'eau. Il faut bien noter que ce sont les caractéristiques des cours d'eau récepteurs des rejets qui seront réglementées, et non pas les caractéristiques de rejets.

Par cette méthode, on parviendra à réduire la pollution des eaux cours d'eau par cours d'eau. Par exemple, l'action de l'Agence financière de bassin Rhin-Meuse est actuellement organisée de façon à réduire la pollution de la Moselle de 50 % d'ici une quinzaine d'années.

## C - ENVIRONNEMENT

Le principe du classement catégoriel des cours d'eau, prévu dans le projet initial de la loi de 1964 mais finalement repoussé, était séduisant au premier abord. En effet, dans ce projet, le classement catégoriel devait permettre l'utilisation logique de chaque cours d'eau en fonction de ses qualités intrinsèques et de la vocation qui pouvait lui être reconnue dans le cadre de l'aménagement du territoire.

Mais les inquiétudes et les résistances très vives qui se sont manifestées s'expliquent facilement. Comme il est dit dans le livre du Professeur Michel DESPAX (La Pollution des eaux et ses problèmes juridiques), « pour des motifs certes éminemment respectables où des préoccupations d'ordre social prédominaient, mais qui à long terme se sont révélées néfastes, les préfets, principaux responsables en la matière, ont pendant trop longtemps accepté de fermer les yeux sur la pollution progressive de nos cours d'eau, alors que les textes leur permettaient de lutter avec efficacité sur le plan juridique contre cette catastrophique dégradation. Admettre un classement catégoriel en fonction de la pollution existante, c'était officialiser les résultats néfastes d'une telle politique à laquelle les milieux piscicoles se sont constamment opposés ».

Il faut remarquer en particulier que la loi du 19 décembre 1917 « sur les établissements dangereux, incommodes et insalubres », qui n'est d'ailleurs pas abrogée, représentait un instrument efficace, bien qu'elle n'ait pas été élaborée en fonction directe du risque de pollution des eaux. Elle a été trop négligée dans le passé et ne devrait pas être délaissée à l'époque actuelle.

## D - OCCURRENCE

« L'inventaire » des eaux prévu par l'article 3 de la loi du 16 décembre 1964 a débuté en principe le 1<sup>er</sup> janvier 1971 dans la plupart des bassins.

Critères de classification des eaux.

Classification des milieux récepteurs selon leur destination, qualité des eaux correspondantes et des effluents susceptibles d'y être introduits.

(Document établi par le Docteur Louis COIN, Chef du Laboratoire d'Hygiène de la Ville de Paris.)

Il y a lieu de noter que cette classification des milieux naturels récepteurs (cours d'eau, lacs) qui figurent dans le projet de loi, n'a pas été retenue dans la loi du 16 décembre 1964.

CLASSIFICATION DES MILIEUX RECEPTEURS		CLASSE I		CLASSE II	
		Zone où la pollution est faible, si possible nulle		Zone où la pollution n'est pas importante	
Selon leur destination et qualité des eaux correspondante.		1. Apte sans difficulté à la production d'eau destinée à l'alimentation humaine et à l'abreuvement des animaux.		1. Apte avec certaines difficultés à la production d'eau destinée à l'alimentation humaine et à l'abreuvement des animaux.	
		2. Apte sans difficulté aux divertissements, aux bassins et piscines, aux baignades en eau vive.		2. Apte avec certaines difficultés aux divertissements aux bassins et piscines, aux baignades en eau vive.	
Eléments déterminants		3. Apte sans difficulté à l'exercice de la pêche, milieu à salmonidés dominants.		3. Apte sans difficulté à l'exercice de la pêche, milieu à cyprinidés dominants.	
		4. Apte à l'ostréiculture, naissins et parcs.		4. Apte à l'ostréiculture, naissins seulement.	
Eléments non déterminants pouvant donner lieu à la dérogation limitée dans le temps.		5. Apte aux usages agricoles et industriels dans la limite où les effluents qui résulteraient éventuellement de ceux-ci pourraient, après ou sans traitement, satisfaire aux normes sanitaires ci-dessous.		5. Apte aux usages agricoles et industriels dans la limite où les effluents qui résulteraient éventuellement de ceux-ci pourraient, après ou sans traitement, satisfaire aux normes sanitaires ci-dessous.	
		A la prise d'eau.		A la prise d'eau.	
Température .....		Inférieure à 20°	Inférieure à 20°.	Inférieure à 22°.	Inférieure à 22°.
Ph .....		6,5 à 8,5	6,5 à 8,5 (6,0, à 9,0 localement).	6,5 à 8,5.	6,5 à 8,5 (6,0 à 9,0 localement)
Saturation en oxygène ..		100 %	90 % (tolérance 70 % un mois par an, sans que le taux minimum d'oxygène soit inférieur à 7 mg/l).	90 %	80 % (tolérance 60 % un mois par an sans que le taux minimum d'oxygène soit inférieur à 5 mg/l)
Demande biochimique en oxygène DBO <sub>5</sub> .....		1 à 3 mg/l.		3 à 5 mg/l.	
Eléments toxiques ou indésirables .....		Concentration inférieure aux limites fixées par le Ministère de la Santé publique pour les eaux d'alimentation. Absence de composés cycliques hydroxylés et de leurs composés halogénés. Concentration inférieure à la dose minima mortelle pour tout salmonidé.		Concentration inférieure aux limites fixées par le Ministère de la Santé publique pour les eaux d'alimentation. Absence de composés cycliques hydroxylés et de leurs composés halogénés. Concentration inférieure à la dose minima mortelle pour tout cyprinidé d'eau courante.	
Tests biologiques .....		Truites.		Vairon.	
Système des saprobies ..		Oligosaprobe.		Mésosaprobe.	
M.P.N. Nombre le plus probable de coliformes acceptables .....		50 à 100 par ml.		100 à 1000 par 100 ml.	
Matières en suspension :		Inférieures à 25 mg/l en dehors des crues ou des manœuvres de barrages.		Inférieures à 60 mg/l en dehors des crues ou des manœuvres de barrages.	
Salinité rapportée aux chlorures (en el).		200 mg/l (Norme OMS internationale).		250 mg/l (Norme du Ministère de la Santé)	
Conductivité Résistivité		< 750 / > 1 800		< 900 / > 1 100	
Capacité d'absorption du sodium (CAS).		< 6,1		< 5,8	

<p style="text-align: center;"><b>CLASSIFICATION DES MILIEUX RECEPTEURS</b></p> <p style="text-align: center;">Selon leur destination et qualité des eaux correspondante.</p>		<p style="text-align: center;"><b>CLASSE III</b></p> <p style="text-align: center;">Zone où la pollution est importante, relevant déjà dans certains cas de l'organisation de bassin</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Apté avec difficulté à la production d'eau destinée à l'alimentation humaine et à l'abreuvement des animaux.</li> <li>2. Apté avec difficultés aux bassins, piscines et divertissements. Inapte aux baignades en eau vive.</li> <li>3. Apté à l'exercice de la pêche, milieux à cyprinidés.</li> <li>4. Inapte à l'ostréiculture.</li> <li>5. Apté aux usages agricoles et industriels dans la limite où les effluents qui résulteraient éventuellement de ceux-ci pourraient, après ou sans traitement, satisfaire aux normes sanitaires ci-dessous.</li> </ol>	<p style="text-align: center;"><b>CLASSE IV</b></p> <p style="text-align: center;">Zone où la pollution est très importante mais non absolue relevant de l'organisation de bassin</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Impropre à la production d'eau destinée à l'alimentation humaine et à l'abreuvement des animaux.</li> <li>2. Impropre aux divertissements, bassins, piscines et baignades.</li> <li>3. Milieux où la vie aquatique est précaire, bien que possible.</li> <li>4. Inapte à l'ostréiculture.</li> <li>5. Apté aux usages agricoles et industriels dans la limite où les effluents qui résulteraient éventuellement de ceux-ci pourraient, après ou sans traitement, satisfaire aux normes sanitaires ci-dessous.</li> </ol>
<p><b>Eléments déterminants</b></p>		<p style="text-align: center;">Température ..... Inférieure à 25°</p> <p style="text-align: center;">Ph ..... 6,5 à 8,5 (6,0 à 9,0 localement)</p> <p style="text-align: center;">Saturation en oxygène .. 70 % (tolérance 50 % un mois par an, sans que le taux minimum d'oxygène soit inférieur à 4 mg/l).</p> <p style="text-align: center;">Demande biochimique en oxygène DBO<sub>5</sub> ..... 5 à 7 mg/l.</p> <p style="text-align: center;">Eléments toxiques ou indésirables ..... Absence de composés cycliques hydroxylés et de leurs composés halogénés. Concentration inférieure à la dose minima mortelle pour les cyprinidés d'eau courante.</p> <p style="text-align: center;">Tests biologiques ..... Vairon.</p> <p style="text-align: center;">Système des saprobies .. Mésosaprobe.</p> <p style="text-align: center;">M.P.N. Nombre le plus probable de coliformes acceptables ..... —</p>	<p style="text-align: center;">Température ..... Inférieure à 27°</p> <p style="text-align: center;">Ph ..... 6,5 à 8,5 (5,5 à 9,5 localement)</p> <p style="text-align: center;">Saturation en oxygène .. 50 % (tolérance 40 % un mois par an, sans que le taux minimum d'oxygène soit inférieur à 3 mg/l).</p> <p style="text-align: center;">Demande biochimique en oxygène DBO<sub>5</sub> ..... Inférieure à 20 mg/l.</p> <p style="text-align: center;">Eléments toxiques ou indésirables ..... Concentration inférieure à la dose minima mortelle pour les cyprinidés d'eau stagnante.</p> <p style="text-align: center;">Tests biologiques ..... —</p> <p style="text-align: center;">Système des saprobies .. Polysaprobe.</p> <p style="text-align: center;">M.P.N. Nombre le plus probable de coliformes acceptables ..... —</p>
<p><b>Eléments non déterminants pouvant donner lieu à la dérogation limitée dans le temps.</b></p>		<p style="text-align: center;">Matières en suspension : Inférieures à 75 mg/l en dehors des crues ou des manœuvres de barrages.</p> <p style="text-align: center;">Salinité rapportée aux chlorures en el). 350 mg/l (Norme OMS européenne)</p> <p style="text-align: center;">Conductivité Résistivité <math>&lt; 1000</math> / <math>&gt; 1000</math></p> <p style="text-align: center;">Capacité d'absorption du sodium (CAS). <math>&lt; 5,6</math></p>	<p style="text-align: center;">Matières en suspension : Inférieures à 300 mg/l en dehors des crues ou des manœuvres de barrages.</p> <p style="text-align: center;">Salinité rapportée aux chlorures en el). 350 mg/l (Norme OMS européenne)</p> <p style="text-align: center;">Conductivité Résistivité <math>&lt; 1100</math> / <math>&gt; 900</math></p> <p style="text-align: center;">Capacité d'absorption du sodium (CAS). <math>&lt; 5,6</math></p>



## 17 - LES PROBLEMES DE RESERVATION DE TERRAINS

### A - DESCRIPTION SOMMAIRE

Pour divers aménagements du territoire ou diverses installations pouvant s'avérer nécessaires dans l'avenir, il importe de réserver dès maintenant des terrains, pour lesquels il y aurait lieu d'envisager les expropriations et achats de terrains.

C'est le cas pour :

- 1 — de petits barrages en terre et des lacs collinaires (éventuellement, dans certaines régions) ;
- 2 — des zones d'emplacements de futures prises d'eau de mer pour des installations de dessalement d'eau de mer (compte tenu de la pollution croissante, d'origine urbaine ou industrielle, des eaux littorales, il pourrait être bon de réserver de telles zones en fonction des besoins futurs en eau de mer dessalée, et en fonction des distances entre ces zones et les points de déversement d'eaux usées urbaines ou d'eaux résiduaires industrielles, ainsi que des directions des courants marins) ;
- 3 — de futures stations d'épuration d'eaux usées urbaines ;
- 4 — de futurs étangs d'épuration d'eaux usées (éventuellement).

### B - IMPACTS PREVISIBLES

- 1 — Les petits barrages en terre et les lacs collinaires peuvent être intéressants pour l'irrigation et l'abreuvement des bestiaux, en certaines régions seulement (Provence par exemple).
- 2 — Des zones d'emplacements de futures prises d'eau de mer ne pourront être définies qu'à la suite d'études spéciales, devant porter tout d'abord sur la localisation et l'importance des besoins futurs en eau de mer dessalée.
- 3 — La question des futures stations d'épuration, d'eaux usées urbaines concerne toutes les collectivités dont les eaux usées, à l'heure actuelle, ne sont pas encore épurées.

- 4 — La question de futurs étangs d'épuration d'eaux usées ne se posera que dans des cas particuliers (exemple des étangs de stabilisation du Grau-du-Roi). De grands espaces, éloignés des habitations, doivent être disponibles.

### C - ENVIRONNEMENT

- 1 — Les lacs collinaires sont en faveur en divers pays (Italie, Etats-Unis, Porto-Rico, etc). Les techniques sont simples et bien connues.
- 2 — La question de futures prises d'eau de mer pour des installations de dessalement est liée aux progrès à attendre encore en ce qui concerne les techniques de dessalement et l'abaissement du prix de revient de l'eau de mer dessalée.
- 3 — Le développement des stations d'épuration d'eaux usées urbaines n'est actuellement freiné que par les problèmes financiers, les techniques d'épuration actuellement connues étant satisfaisantes.
- 4 — Pour des étangs de stabilisation destinés à épurer des eaux usées urbaines, de grands espaces sont nécessaires ; de plus, des questions financières se poseront quand on aura le choix entre l'aménagement de tels étangs et la récupération de terrains en dépression par drainage ou remblaiement.

### D - OCCURRENCE

- 1 — En France, le Génie Rural a déjà attiré l'attention sur l'intérêt des lacs collinaires, réalisables facilement en des régions diverses.
- 2 — Les époques de construction d'usines de dessalement d'eau de mer sur les littoraux français sont, pour le moment, imprévisibles.
- 3 — La construction de nouvelles stations d'épuration d'eaux usées urbaines ne peut être qu'accélérée en France, en raison de l'alerte à la pollution des eaux et de la pression exercée par les milieux responsables en faveur d'une augmentation des efforts financiers dans ce sens.
- 4 — Les études effectuées par le B C E O M sur le fonctionnement des étangs de stabilisation du Grau-du-Roi pourront servir de point de départ pour l'étude et la réalisation d'ouvrages similaires en d'autres régions.

## Deuxième partie

### L'ÉPURATION AU FIL DE L'EAU DE LA TOTALITÉ DES EAUX D'UNE RIVIÈRE CONSIDÉRABLEMENT POLLUÉE EN RÉGION INDUSTRIELLE

#### A - DESCRIPTION SOMMAIRE ET OBJECTIFS

L'épuration globale, au fil de l'eau, de la totalité des eaux d'une rivière considérablement polluée est une opération qui constitue une innovation, car nous n'en connaissons qu'un exemple en Allemagne (en cours de réalisation) et aucun en France.

L'exemple allemand est celui de l'épuration des eaux de la rivière l'Emscher, en Westphalie, au nord du bassin de la Ruhr. Le problème qui se posait et la méthode appliquée sont décrits dans le paragraphe B.

La DATAR a demandé au B C E O M d'examiner sommairement s'il est possible ou non d'appliquer en France, au moins dans un bassin, une telle innovation, cet examen devant mettre en relief les avantages ou les inconvénients de la méthode.

Le B C E O M a fait une enquête auprès de l'Agence financière de bassin Rhin-Meuse, ce bassin fortement industrialisé étant particulièrement indiqué pour une telle investigation. Nous verrons dans le paragraphe C que, dans ce bassin, l'idée d'épurer au fil de l'eau la totalité des eaux d'une rivière « traversant » une station d'épuration a déjà été plus ou moins envisagée pour quatre rivières, précisément par assimilation au cas de l'Emscher, mais à beaucoup moins grande échelle, il est vrai.

Mais, jusqu'à présent, on ne prévoit pas dans ce bassin Rhin-Meuse de réalisation du type Emscher. Il faut signaler cependant la solution adoptée pour la rivière la Fensch, qui est un affluent de la Moselle ; cette solution, en cours de réalisation, comporte un ensemble de traitements « par natures de pollutions », chaque traitement ne s'appliquant pas à la totalité du débit des eaux à épurer, exception faite pour les matières minérales en suspension dans la rivière, qui se déposeront dans des décanteurs traitant *tout le débit de la rivière au fil de l'eau*.

Dans ce cas, on peut parler de « traitement au fil de l'eau de la totalité des eaux de la rivière », mais seulement pour une certaine nature de pollution. Cette séparation des divers traitements nécessaires « par nature de pollution » paraît a priori séduisante, et il est possible qu'en France elle ait plus de chances de se développer que la solution de l'épuration globale au fil de l'eau, du type Emscher.

Etant donné que, sur l'ensemble du réseau hydrographique français, les « égouts à ciel ouvert » se substituent de plus en plus aux claires rivières de jadis, on peut se demander si l'on ne sera pas amené à développer, sur certaines rivières, de telles opérations de traitement pour des natures de pollution déterminées.

#### B - IMPACT PREVISIBLE

##### 1 - L'exemple de la solution adoptée pour la rivière l'EMSCHER, en Allemagne

L'Emscher est un affluent du Rhin. Son bassin, d'une superficie de 850 km<sup>2</sup>, s'étend à travers des districts urbains et industriels depuis Dortmund jusqu'au Rhin, en passant par Bochum, Gelsenkirchen, Essen, Oberhausen et Duisburg, avec une population d'environ 3 millions d'habitants et de nombreuses industries (mines de charbon, cokeries, aciéries, usines chimiques, etc.).

L'Emscher est longue d'environ 100 km. A l'origine, c'était une petite rivière, mais aujourd'hui c'est un véritable égout de gros débit. Son débit correspond pour 70 % à de l'eau fournie à partir des réseaux d'alimentation en eau du bassin de la Ruhr, pour 20 % à de l'eau d'origine souterraine du bassin de l'Emscher et pour 10 % à de l'eau d'origine souterraine venant des alluvions situés au voisinage du Rhin.

L'eau de l'Emscher contient en moyenne 60 % d'eaux usées urbaines ou d'eaux résiduares industrielles, et jusqu'à 90 % en basses eaux. Il s'agit donc d'une véritable rivière-égout. On s'est aperçu qu'il n'était pas possible de séparer les eaux usées domestiques et les eaux résiduares industrielles.

Depuis le début du siècle on s'est efforcé de faire subir aux eaux déversées dans l'Emscher des traitements physiques préalables. Mais il est apparu *qu'il était impossible d'éviter, pour le plus grand nombre des établissements industriels, le déversement dans les émissaires d'eaux usées insuffisamment traitées et aussi de grandes quantités de boues*. On en est donc venu, dès avant la deuxième guerre mondiale, à la constitution de stations de *traitement physique* d'eaux d'affluents de l'Emscher, et la plus grande station de ce type est celle de l'Emscher, au nord d'Essen mise en service en 1938, comportant quatre bassins de décantation de chacun 800 m<sup>2</sup> et desservant 75 % du bassin de cette rivière.

Dans cette seule station, les eaux usées de 1 800 000 habitants, et les eaux rejetées par des mines et industries diverses, sont épurées physiquement et il est ainsi produit environ 550 000 m<sup>3</sup>/an de boues désydratées.

## Schéma général du bassin de l'Emscher



Mais, d'autre part, après la première guerre mondiale, en raison de la forte augmentation de la production de coke et de l'augmentation concomitante de la pollution de l'Emscher par les phénols, on s'est aperçu qu'on ne pouvait plus se limiter à un traitement physique, et l'on a alors procédé à la deuxième phase du traitement des eaux usées en assurant leur *traitement chimique* dans des usines de déphénolage. Aujourd'hui, 25 usines de ce genre retiennent environ 10 000 tonnes de phénols, soit environ 65 % des phénols produits par les cokeries des régions de l'Emscher et de la Lippe voisine.

Puis, l'Association du bassin de l'Emscher a constaté la nécessité de réaliser la troisième phase du traitement des eaux de cette rivière : l'épuration biologique, en raison de l'accroissement de la pollution, de l'extension des usines existantes et de l'apparition des grandes usines chimiques. Cette épuration biologique s'impose pour limiter le plus possible la charge polluante déversée par l'Emscher dans le Rhin.

On a construit, il est vrai, l'usine d'épuration des eaux usées de Duisburg-Petite Emscher, traitant les eaux usées de cette région minière au débit de 1 m<sup>3</sup>/s et correspondant à 200 000 équivalents-habitants. Cependant, la réduction décisive de la charge polluante déversée dans le Rhin ne sera accomplie que par l'épuration biologique de la totalité des eaux de l'Emscher elle-même. Pour cela, la construction de la grande usine d'épuration nécessaire, près du confluent avec le Rhin, a été décidée dans un site de 60 hectares.

Au préalable, une station-pilote d'épuration biologique a été construite en 1055 dans ce même site, de façon à procéder aux essais nécessaires pour déterminer la méthode de traitement à adopter, car en plus des eaux

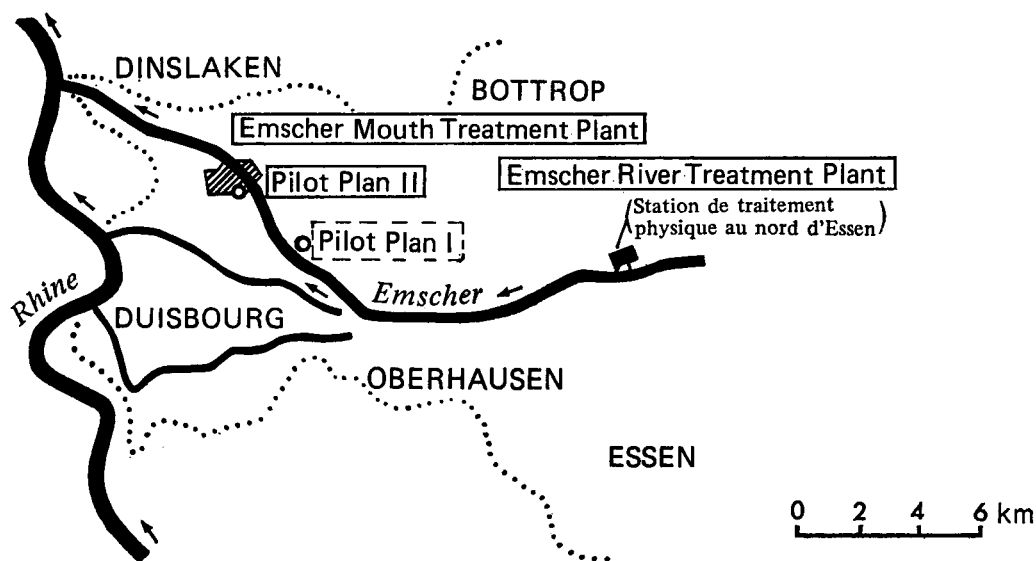
usées de 3 000 000 habitants et des eaux déversées par de nombreuses mines de charbon, cokeries et usines métallurgiques, l'Emscher reçoit aussi les eaux résiduaires de grandes raffineries de pétrole et d'autres usines chimiques.

Au droit de la future usine et de la station-pilote, l'eau de l'Emscher présente une « demande biochimique d'oxygène à 5 jours » (D. B. 0. 5) d'environ 120 mg/l, une consommation de permanganate de potasse d'environ 400 mg/l, une salinité d'environ 2 g/l.

En plus des paramètres usuels, tels que la D.B.0.5, la consommation de permanganate, les matières solides en suspension, la transparence, les facteurs d'importance capitale pour l'efficacité de l'épuration sont la dégradation des phénols résiduels et en particulier la réduction de la valeur du seuil d'odeur.

La station-pilote a eu à expérimenter les diverses méthodes d'épuration biologique. Il a été reconnu que le procédé des boues activées est de beaucoup le meilleur. L'efficacité de l'épuration obtenue est la suivante :

- réduction de la D.B.0.5 d'environ 120 à 25 mg/l, soit une réduction de 80 % ;
- réduction de la consommation de permanganate d'environ 400 à 100 mg/l, soit une réduction de 75 % ;
- réduction des matières solides en suspension : 96 % ;
- transparence : 20 cm ;
- réduction de la teneur en phénol : 93 % ;
- réduction de la valeur du seuil d'odeur : 92 %.



Plan de situation de la grande usine d'épuration biologique de l'EMSCHER en cours de construction, et des deux stations pilotes actuellement en service.

Les essais ont montré que la décantation primaire est d'une importance considérable pour l'épuration biologique de ces eaux de l'Emscher, particulièrement en ce qui concerne la transparence de l'affluent après la décantation secondaire. A ce point de vue, l'eau de l'Emscher est fondamentalement différente des eaux usées contenant principalement des charges organiques. Les particules très fines de charbon et d'argile non retenues par le traitement primaire exercent une forte contrainte sur la capacité d'absorption des boues activées. Chaque fois que leur pouvoir d'absorption est insuffisant pour envelopper les fines particules de charbon et d'argile, comme c'est le cas notamment en hiver, l'effluent après la décantation finale est trouble. De plus, de telles particules de charbon et d'argile semblent avoir quelque effet sur l'activité biologique des boues, au détriment de la dégradation des substances produisant des odeurs.

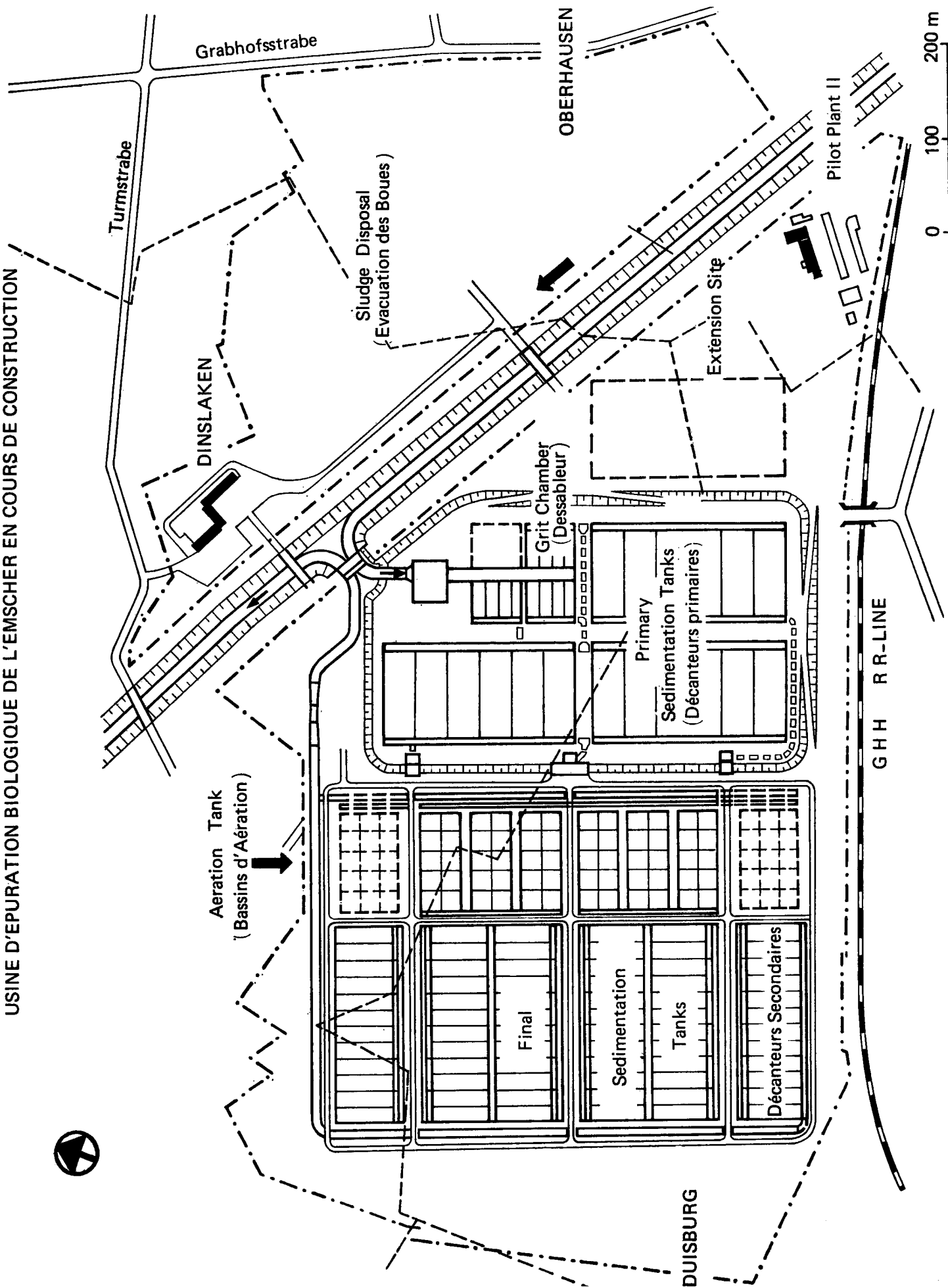
Finalement, la construction de l'usine d'épuration biologique à grande échelle a commencé en 1968 et sera achevée vers 1974. Son coût équivaldra à environ 200 millions de francs.

Cette usine est prévue pour 4 000 000 équivalents-habitants. Son débit moyen sera de 20 m<sup>3</sup>/s (cette valeur n'étant pas atteinte 270 jours par an) ; le débit maximal pouvant être traité sera de 30 m<sup>3</sup>/s, et comme le débit de l'Emscher est compris 15 jours par an entre 30 et 110 m<sup>3</sup>/s, c'est seulement 15 jours par an qu'il sera impossible de traiter la totalité du débit de cette rivière.

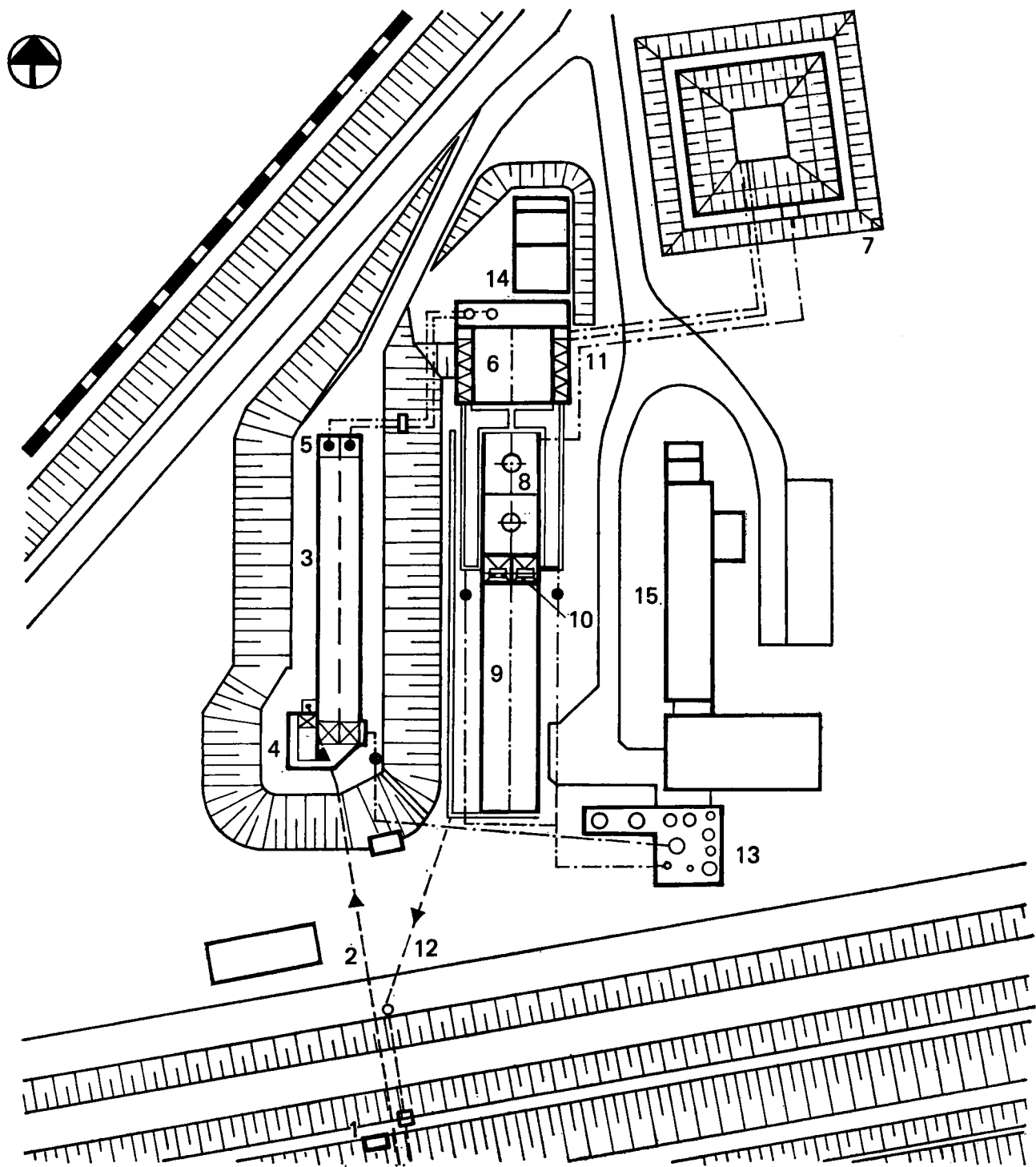
Il est prévu qu'après la mise en service de cette usine, l'eau de l'Emscher déversée dans le Rhin répondra aux caractéristiques suivantes :

— D.B.0.5	25 mg/l
— consommation de permanganate	100 mg/l
— PH	de 6,5 à 8
— matières en suspension	50 mg/l
— transparence	15 cm
— phénols	1 mg/l
— teneur minimale en oxygène	1,5 mg/l

USINE D'EPURATION BIOLOGIQUE DE L'EMSCHER EN COURS DE CONSTRUCTION



# STATION PILOTE PRINCIPALE POUR L'EPURATION BIOLOGIQUE DE L'EMSCHER



- 1 \_ niveau de l'EMSCHER
- 2 \_ siphon d'amenée
- 3 \_ décanteur primaire
- 4 \_ bassin de dessablage et de floculation
- 5 \_ pompes
- 6 \_ bassin d'aération par diffusion d'air
- 7 et 8 \_ bassin d'aération par turbines

- 9 \_ décanteur secondaire
- 10 \_ agitateurs
- 11 \_ retour de boues par vis d'Archimède
- 12 \_ évacuation de l'effluent
- 13 \_ épaisseur de boues
- 14 \_ soufflantes
- 15 \_ bureau et laboratoire

0 10 20 m

La méthode à appliquer dans cette usine pour le traitement des boues résiduelles n'est pas encore définitivement arrêtée, les essais se poursuivent. Pour déshydrater les boues, les recherches montrent que le procédé le plus efficace et le plus économique consisterait à employer des filtres-presses, dans lesquels les boues sont comprimées sous une pression croissante, et déshydratées jusqu'à une teneur en eau d'environ 40 %.

En conclusion, l'usine d'épuration par boues activées en construction, qui sera la plus grande d'Europe, réduira la charge de pollution venant du bassin de l'Emscher à seulement un dixième de sa valeur actuelle. Ce résultat sera très bénéfique pour la qualité des eaux du Rhin et par suite pour les Pays-Bas.

## 2 - Examen du cas de quatre rivières de Lorraine

### 1) Cas de la Fensch

On prévoit d'utiliser, dans les années à venir, les eaux de la Moselle pour satisfaire les besoins complémentaires d'eau potable de diverses localités. Mais la Moselle est actuellement fortement polluée, non seulement par les déversements directs d'égouts urbains (la ville de Metz n'a pas encore d'usine d'épuration de ses eaux usées), par des déversements industriels, mais aussi par les affluents, parmi lesquels la rivière la Fensch, près de Thionville, est l'une des plus polluées.

Cette rivière a une longueur d'environ 15 kilomètres. Les communes de son bassin comptent environ 80 000 habitants. Le nombre actuel d'équivalents-habitants est d'environ 100 000, et l'on en prévoit 160 000 pour l'an 2000. La pollution est à la fois d'origine domestique et urbaine, et d'origine industrielle.

Un syndicat de quinze communes de cette région (Hayange, Florange, Knutange, Saint-Nicolas-en-Forêt, Fameck, Fontoy, etc) a envisagé dès 1966 de faire établir un collecteur des eaux usées urbaines, de type unitaire, devant longer la Fensch sur 12 km pour aboutir à une station d'épuration biologique avant le déversement en Moselle.

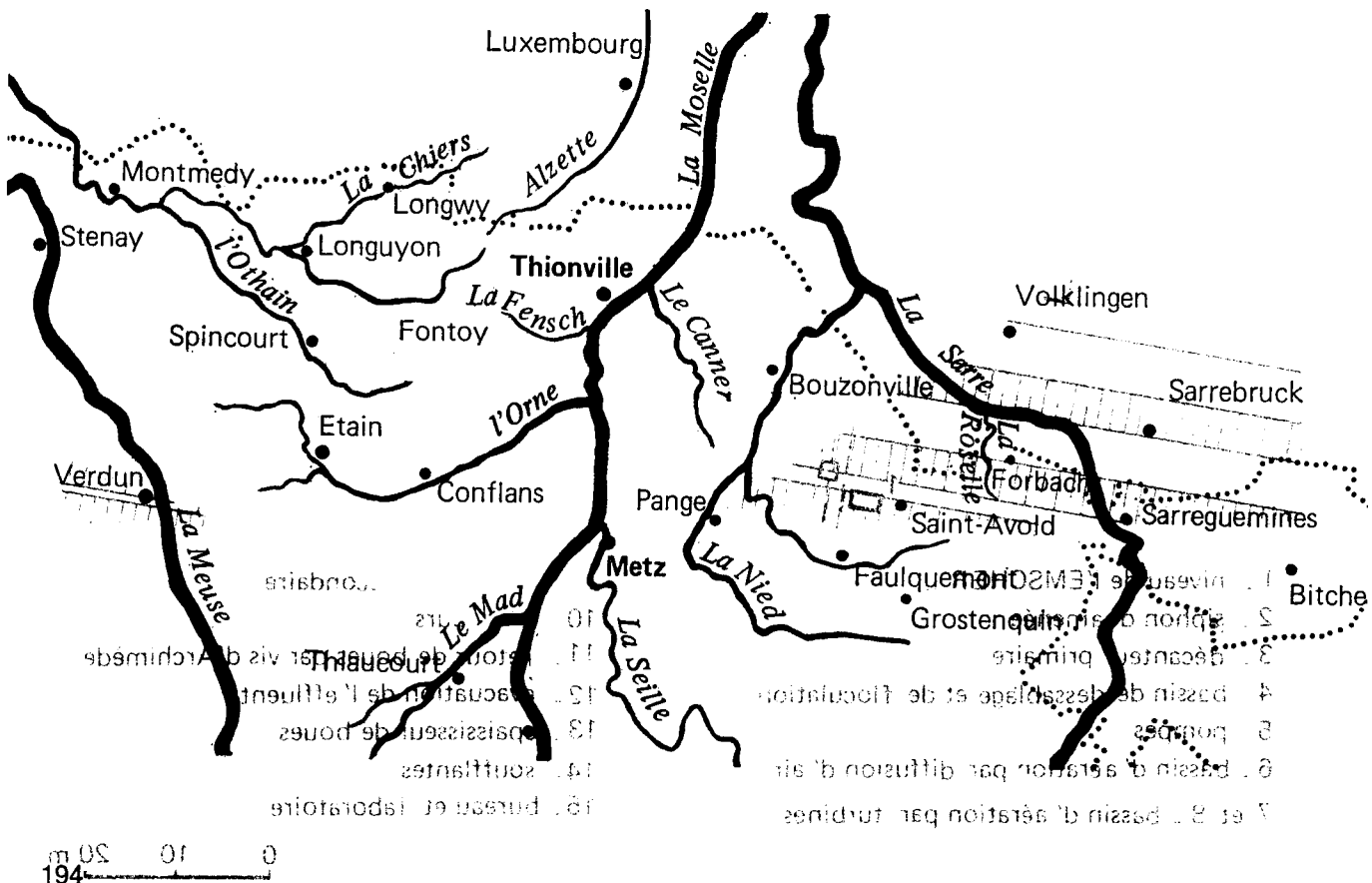
Un premier projet a été établi, mais a été rejeté par le Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France, parce que ce projet ne se préoccupait pas des eaux résiduelles rejetées en grande quantité dans la Fensch, qui présente par suite une très forte pollution d'origine industrielle. Le rapporteur du Conseil Supérieur d'Hygiène Publique a alors proposé que soit étudiée une solution consistant à épurer toutes les eaux usées et les eaux résiduelles industrielles dans une station d'épuration, avant le rejet dans la Moselle.

La pollution d'origine industrielle de la Fensch provient :

- de trois usines métallurgiques, dont la production d'acier est voisine du quart de la production française ;
- d'une cokerie ;
- d'autres usines, moins importantes, parmi lesquelles il y a une usine de transformation des sous-produits de la pyrogénation de la houille ;
- d'eaux d'exhaure de mines.

La Fensch est devenue un véritable égout industriel à ciel ouvert, charriant des tonnes et des tonnes de matières solides minérales et de matières fermentescibles.

Le débit minimal de cette rivière, ou plutôt de cet égout, est de l'ordre de 1 à 1,5 m<sup>3</sup>/s au centre de la commune de Florange et d'environ 2 m<sup>3</sup>/s au débouché dans la Moselle. La D.B.O.5 de l'eau de cette rivière est en



moyenne de l'ordre de 80 mg/l. Bien qu'elle reçoive encore des eaux usées de ses riverains, ainsi que des eaux de ruissellement polluées, la pollution de la rivière est principalement de nature industrielle.

Des études, dans le sens demandé par le Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France, ont été confiées à la SETUDE. Elles ont consisté, dans une première phase, à faire une enquête et une campagne de mesures pour connaître les débits et les diverses pollutions, puis, dans une deuxième phase, à comparer plusieurs solutions.

Les charges polluantes ont été classées en trois catégories :

- a) une charge organique d'origine domestique et urbaine ;
- b) une charge organique provenant des eaux résiduaires de la cokerie et d'une usine de traitement de goudrons, et contenant en outre des produits chimiques toxiques (cette charge organique industrielle se situant dans la partie inférieure du bassin) ;
- c) une charge minérale inerte constituée par des matières en suspension, principalement des oxydes de fer (cette charge minérale étant rejetée dans la rivière tout le long de son cours).

Ces divers rejets industriels aboutissent dans la Fensch par des collecteurs perpendiculaires à son cours.

Etant donné que l'eau de la Moselle devra pouvoir être utilisée pour l'alimentation humaine, il a fallu prévoir de supprimer tous les produits toxiques (cyanures, sulfures, etc.) ainsi que les ions des métaux lourds (chrome, nickel, zinc, etc.). On a dû prévoir également de diminuer, autant que possible, les charges biodégradables et de supprimer les charges minérales constituées par les matières en suspension. De plus, on a voulu que la Moselle se trouve protégée contre tout rejet accidentel.

Les études ont permis de comparer deux solutions. La première consistait à épurer la totalité des eaux de la Fensch au fil de l'eau, tous les rejets dans cette rivière étant maintenus et toutes les charges polluantes de diverses natures se trouvant mélangées (système type Emscher à petite échelle).

Mais cette première solution présentait des difficultés. La D.B.O<sub>5</sub> de l'eau de la Fensch était, par temps sec, voisine de 80 mg/l, et la station d'épuration au fil de l'eau n'aurait pu économiquement réduire la D.B.O<sub>5</sub> qu'à 30 ou 35 mg/l, la réduction n'étant alors que d'environ 50 %, ce qui est un taux trop faible. D'autre part, pour éliminer les substances toxiques (cyanures, sulfures, etc.), le traitement chimique nécessaire aurait exigé des quantités très importantes de réactifs, étant donné qu'il aurait alors fallu traiter le débit global des effluents de diverses natures de tout le bassin. Les rendements de ces traitements auraient été insuffisants.

De plus, cette première solution était d'un coût plus élevé que la seconde solution. décrite ci-après et qui est celle qui a été retenue.

Cette autre solution étudiée également par la SETUDE, est basée sur le principe du traitement séparé des charges polluantes selon leur nature et peut se résumer ainsi :

- a) Pour les charges polluantes d'origine domestique et urbaine, on a prévu un collecteur parallèle à la rivière, pour recevoir les égouts existants, et une station d'épuration classique par boues activées, située dans la partie inférieure du bassin, près de la Moselle ; cette station d'épuration construite par l'OMNIUM D'ASSAINISSEMENT (O.D.A.), est en cours de mise en service.
- b) Pour les charges organiques d'origine industrielle en provenance de la cokerie et de deux usines chimiques, on a prévu un réseau de collecte spécial et un collecteur général amenant ces effluents industriels à une station de

prétraitement chimique au voisinage de la station d'épuration des eaux usées urbaines ; dans cette station de prétraitement chimique (non encore construite), les produits toxiques ou inhibiteurs (cyanures, sulfures, graisses) seront éliminés de ces effluents industriels, qui seront ensuite mélangés aux eaux usées urbaines ayant subi une décantation primaire ; c'est alors le mélange de ces eaux urbaines et de ces eaux industrielles qui sera traité biologiquement dans les bassins d'aération de boues activées de la station d'épuration urbaine, où il faudra faire une extension des bassins d'aération quand la station de prétraitement chimique aura été construite ce qui ne semble pas être pour demain, comme nous le verrons plus loin).

On a ainsi prévu le traitement mixte par boues activées des eaux usées urbaines et des eaux phénolées (provenant de la cokerie), la teneur en phénol étant relativement peu élevée.

- c) Les charges minérales, sous forme de matières en suspension provenant des usines métallurgiques, seront laissées dans le cours de la rivière, qui les amènera au voisinage de la station d'épuration mixte mentionnée ci-dessus ; dans ce secteur, elles se déposeront dans des bassins de décantation *traitant la totalité du débit de la rivière au fil de l'eau*. Ce traitement physique, qui permettra également de retenir les huiles, est prévu pour un débit pouvant atteindre 5 m<sup>3</sup>/s.

On pouvait hésiter entre ce traitement au fil de l'eau des matières en suspension et un traitement individuel en usine pour chaque rejet de telles matières en suspension. Le traitement physique global au fil de l'eau est, certes, plus coûteux, mais son rendement bien meilleur. En outre, ce traitement physique global constitue, comme la SETUDE l'a fait remarquer, un véritable « verrou de sécurité » avant le déversement de la rivière dans la Moselle.

Cette deuxième solution qui vient d'être décrite répond bien aux critères imposés pour les rejets dans la Moselle. Son coût total a été estimé à environ 5 200 000 francs.

Malheureusement, alors que la station d'épuration pour les eaux usées domestiques et urbaines va entrer actuellement en service, on ne sait pas quand la station de prétraitement chimique pourra être réalisée, l'accord financier nécessaire avec les industries intéressées n'ayant pas encore pu intervenir. Ces industries déclarent qu'elles entrent dans une période de réorganisation, et il est certain qu'il existe actuellement des inconnues, pour ne pas dire un malaise, en ce qui concerne l'avenir de certaines industries lorraines.

La Fensch va donc encore, pendant un temps indéterminé, recevoir des quantités importantes d'eaux résiduaires industrielles, contenant en particulier des substances toxiques.

Nous avons prospecté le cours de cette rivière, notamment sur la commune de Florange et aux abords de cette commune, où la rivière a une largeur variable de 3 à 5 mètres, en suivant un cours apparemment fantaisiste puisqu'elle passe parfois sur les terrains des usines où il lui arrive de disparaître en souterrain. On observe dans ce cours d'eau des *eaux noires*, visiblement de température relativement élevée d'après les vapeurs abondantes qui se dégagent en divers points de la rivière. Ce sont des vapeurs très désagréables à respirer et qu'on peut presque qualifier de suffoquantes. On veut bien croire qu'elles ne sont pas toxiques pour les riverains dont les habitations sont essaimées le long de la rivière.

Nous n'avons pas d'éléments permettant de juger s'il existe des chances d'amélioration prochaine de cette situation.

Il faut reconnaître cependant que l'usine de la SOLLAC (laminage à froid), à Florange, a fait de gros efforts pour l'épuration de ses eaux résiduaires. La SOLLAC utilise pour ses fabrications des graisses animales et végétales, et pour en débarrasser ses eaux résiduaires traite ces



dernières par un procédé donnant une eau épurée de qualité très satisfaisante. Elle a également amélioré de façon notable la décantation de toutes ses eaux résiduaires. Elle applique le nouveau procédé de l'électroflotation.

Le traitement en usine de la charge de pollution concentrée est bien meilleur techniquement et économiquement, dans le cas en question, qu'un traitement après mélange avec les autres effluents industriels dans une station d'épuration collective. La responsabilité de ce prétraitement a été laissée à cette usine, mais il faut noter que les installations de traitement physique des eaux de la rivière au fil de l'eau seront équipées pour faire face à une défaillance temporaire de ce prétraitement en usine. Dans ce cas encore, ces installations de traitement au fil de l'eau rempliront leur fonction de « verrou de sécurité ».

## 2) Cas de la ROSSELLE

La ROSSELLE est une rivière de la région de Saint-Avold, Merlebach, Forbach (département de la Moselle), qui se jette dans la Sarre en territoire allemand non loin de la localité de Petite Rosselle, à une douzaine de kilomètres à l'aval de Sarrebruck. Au confluent, le débit moyen de la Rosselle est de 12 m<sup>3</sup>/s.

Dans le bassin de cette rivière il y a environ 100 000 habitants, mais la plus grande partie de la pollution des eaux de la Rosselle provient de mines de charbon et d'usines et la pollution correspond à 1 million d'équivalents-habitants.

Les eaux usées reçues par la Rosselle, en plus d'eaux usées de diverses localités, comprennent des eaux d'exhaure de mines de charbon, des eaux de lavoirs à charbon, les eaux résiduaires d'un complexe chimique.

A la suite d'études sommaires, l'Agence financière du bassin Rhin-Meuse considère que *la meilleure solution au point de vue économique aurait été une usine d'épuration globale au fil de l'eau* (système Emscher). Cette solution aurait été la moins coûteuse, principalement du fait de la forte charge de la rivière en matières en suspension, dont 1 000 tonnes/jour sont actuellement ainsi évacuées dans la SARRE. Mais, *en raison des difficultés d'un accord franco-allemand* à ce sujet, on s'oriente vers une autre voie.

Les houillères décanteront les eaux résiduaires des lavoirs à charbon. Déjà, dans une ancienne carrière on peut faire décanter les eaux qui arrivent avec 10 000 mg/l de matières en suspension et en ressortent avec seulement 10 mg/l. Ce système est valable pour à peu près 20 ans.

Pour le lavoir à charbon de Merlebach, il y a un projet de décanteur classique.

On pense qu'après les diverses réalisations prévues pour éliminer des eaux résiduaires de ce bassin une partie de leurs matières en suspension, on abaissera de 1 000 à 400 tonnes/jour la quantité de ces matières charriées par la rivière.

## 3) Cas de la CHIERS

La Chiens est une rivière qui prend sa source au Luxembourg, puis elle passe en Belgique, et dès son entrée en France elle traverse la région industrielle dont le centre est Longwy. Il y a déjà longtemps que c'est constituée une association des usagers des eaux de la Chiens en vue de faire face au grave problème de la pollution considérable de cette rivière, qui reçoit les effluents de nombreuses usines métallurgiques. Mais, pour le moment, aucune réalisation n'a encore été faite.

La ville de Longwy déverse également ses eaux usées dans cette rivière et, à la sortie de la ville, c'est un mélange d'eaux usées urbaines et d'eaux résiduaires industrielles qui s'écoule, avec une charge de pollution tellement élevée qu'il a fallu lancer des études pour sortir de cette situation critique.

La solution consistant à construire une usine d'épuration au fil de l'eau à la sortie de Longwy, pour faire l'épuration globale de la rivière (comme pour l'Emscher) a été envisagée. Finalement, on s'oriente dans une voie différente, l'épuration globale au fil de l'eau présentant diverses difficultés (60 % des matières en suspension dans les eaux de la Chiens arrivent de Belgique, en provenance d'usines belges et luxembourgeoises ; d'autre part, il y a une forte « pollution thermique », les eaux atteignant en certains points 48° C, etc.).

Les études ont été confiées au Bureau Coyne et Bellier. Actuellement, le programme des réalisations envisagées comporte deux phases : dans une première phase, certaines installations de traitement seront établies dans chacune des usines en cause, celles-ci s'étant déclarées décidées à faire quelque chose. Puis, dans une deuxième phase, on réalisera un traitement physique au fil de l'eau pour la totalité des eaux de la rivière, grâce à un barrage à construire près de Cons-la-Granville pour constituer une retenue d'un kilomètre de longueur. Les boues déposées dans cette retenue seront extraites par une drague suceuse. Le coût de cette deuxième phase ne sera que d'environ 4 millions de francs, le barrage n'étant pas très important.

## 4) Cas de l'ALZETTE

Cette petite rivière du nord du bassin lorrain passe de France dans le Luxembourg et présente une pollution telle que le Luxembourg a exigé que les eaux entrant dans ce pays respectent certains critères de qualité.

Des études ont donc été confiées à la SETUDE. Il a été constaté que, dans le secteur considéré, le ruissellement dû aux eaux pluviales augmente considérablement la pollution. Deux schémas possibles ont été étudiés :

a) Une station d'épuration au fil de l'eau permettrait de respecter durant toute l'année les exigences initialement émises par le Luxembourg ;

b) Une autre solution, avec laquelle on ne dépasserait que 10 ou 20 jours par an les critères de qualité initialement exigés, aurait reçu finalement l'accord du Luxembourg.

## C - ENVIRONNEMENT

*Examen du problème dans le cadre de la législation existante.*

Lors des discussions qui ont accompagné les études relatives à l'assainissement du bassin de la Fensch et qui ont abouti aux décisions mentionnées dans le présent rapport, il semblerait que quelques objections aient été faites par certaines Administrations (Agriculture et Santé publique) à la solution de l'épuration globale, consistant à considérer définitivement la Fensch comme un égout et à épurer ses eaux dans une station à construire peu avant son confluent avec la Moselle.

Sans connaître les positions exactes prises par les Administrations en question, nous allons examiner succinctement, dans ce qui suit, dans quelle mesure les textes existants peuvent permettre ou interdire l'adoption de la solution de l'épuration globale définie plus haut.

Rappelons d'abord quelques textes.

Le décret n° 58-873 du 16 septembre 1958 (J.O. du 25 septembre 1958) dit dans son article premier :

« Les eaux libres, lacs, canaux, ruisseaux ou cours d'eau quelconques du territoire sont classés dans les deux catégories conformément à l'état ci-annexé ».

La première catégorie est celle des « salmonidés dominants » et la deuxième est celle des « cyprinidés dominants ».

Ce décret a été suivi par les textes rectificatifs suivants :

— textes rectificatifs : décret n° 61-616 du 5 juin 1961 (J.O. du 16 juin 1961), décret n° 62-1018 du 24 août 1962 (J.O. du 29 août 1962), décret n° 64-826 du 28 juillet 1964 (J.O. du 8 août 1964) rectifié dans le J.O. du 13 octobre 1964 et modifié par décret n° 65-53 du 11 janvier 1965 (J.O. du 24 janvier 1965).

Il découle de ces textes que la Fensch, la Rosselle, la Chiers et l'Alzette sont des rivières classées en deuxième catégorie (cyprinidés dominants).

Quand on voit ces rivières, on peut mesurer tout le chemin qui reste à parcourir pour que des « cyprinidés » puissent y vivre...

La loi du 16 décembre 1964 n'a pas abrogé les textes existants, contenus notamment dans le Code rural, le Code de la Santé publique, le Code Minier, le Code du Domaine public fluvial, la législation relative aux établissements classés dangereux, insalubres ou incommodes et les instructions qui concernent la qualité des effluents (Circulaire n° 93 du Ministre de la Santé publique en date du 12 mai 1950, J.O. du 18 mai 1950 ; Instructions du Ministre du Commerce en date du 6 juin 1953. J.O. du 23 juin 1953, relatives au « rejet des eaux résiduaires par les établissements classés » ; Circulaire interministérielle n° 54-97 bis du 10 juin 1954, non publiée au J.O., qui fixe « les directives concernant les dispositions à envisager pour l'évacuation et le traitement des effluents industriels, dans le cadre des études relatives au programme d'aménagement et aux avant-projets d'assainissement urbain ».

La circulaire du 23 mai 1968 (J.O. du 2 juin 1968) relative à la protection des ressources en eau contre la pollution, après avoir rappelé les textes énumérés ci-dessus, ajoute : « il convient donc de continuer à appliquer ces textes, dont les dispositions sont de nature à permettre d'intensifier la lutte contre la pollution ».

D'autre part, la circulaire du Ministre de la Santé publique et de la Sécurité sociale en date du 7 juillet 1970 (J.O. du 7 août 1970) relative à l'assainissement des agglomérations et à la protection sanitaire des milieux récepteurs a rappelé (chap. 1<sup>er</sup>, art. 2) que « il convient de ne pas perdre de vue que le mélange des effluents industriels avec les eaux usées d'origine domestique est souvent de nature à faciliter l'épuration de l'ensemble des eaux et à la rendre plus économique, le contrôle des résultats obtenus se révélant lui-même plus facile à exercer ».

Encore faut-il, il est vrai, faire quelques réserves à ce sujet, certaines substances toxiques contenues dans des eaux résiduaires industrielles pouvant perturber le fonctionnement d'une station d'épuration recevant un mélange d'eaux domestiques et d'eaux industrielles. On ne peut donc pas énoncer de règle absolument générale, chaque cas étant à étudier spécialement. On pourra être amené à faire un prétraitement chimique des effluents toxiques, comme il est prévu pour le cas de la Fensch.

Ces quelques rappels étant faits, nous allons examiner dans quelles conditions on peut soit continuer à considérer comme une « rivière » une rivière-égout considérablement polluée, comme la Fensch par exemple, soit la considérer désormais comme un véritable égout, aboutissant à une

station d'épuration avant déversement de l'effluent dans un cours d'eau beaucoup plus important, faisant office de milieu récepteur naturel (la Moselle, dans le cas de la Fensch).

*Obligations à respecter légalement si l'on décide de continuer à considérer comme une « rivière », une rivière-égout considérablement polluée :*

Dans ce cas, la rivière doit satisfaire aux règles concernant tout « milieu récepteur ». Or la circulaire du Ministre de la Santé publique en date du 7 juillet 1970 (J.O. du 7 août 1970), relative à l'assainissement des agglomérations et à la protection sanitaire des milieux récepteurs, stipule (chap. IV, art. 2) :

« A l'aval de tout réseau d'assainissement, l'effluent, quel qu'il soit, atteint un milieu récepteur qui est constitué, en principe, par un milieu naturel. *Peuvent jouer ce rôle des cours d'eau plus ou moins importants...*

« Ces milieux naturels constituent à divers égards, tels que l'alimentation en eau des hommes, des animaux et des plantes, *l'utilisation industrielle*, la production piscicole, et, le cas échéant, conchyicole, la navigation, les activités sportives, *la protection des sites et de l'environnement*, un capital commun qui doit être respecté, et dont la protection constitue un impératif absolu ».

Remarquons d'abord que, dans le cas de la FENSCH, on peut douter que ce cours d'eau puisse être considéré comme suffisamment important pour être un milieu récepteur valable.

Il est vrai qu'il y aurait intérêt à ce que son utilisation industrielle soit maintenue possible et facile, et intérêt à protéger les sites et l'environnement tout le long de ce cours d'eau. Mais, dans l'état actuel des choses, cela ne paraît pas possible, car les efforts à obtenir des industries intéressées seraient trop considérables. Il faudrait obtenir de chaque usine qu'elle applique un traitement convenable, « le degré de traitement devant être tel que l'effluent satisfasse aux prescriptions réglementaires, c'est-à-dire n'altère pas l'état du milieu récepteur dans une mesure incompatible avec les exigences de l'hygiène publique ». (Chap. IV, art. 2 de la circulaire ministérielle du 7 juillet 1970 mentionnée plus haut).

En outre, il paraît paradoxal de vouloir continuer à considérer la Fensch comme une « rivière », et non comme un égout, car si elle est encore une rivière, il faut lui appliquer la clause suivante (chap. IV, art. 2 de la même circulaire) :

« La règle générale étant le traitement des effluents à un degré tel qu'il permette le maintien ou l'amélioration des critères de qualité admis pour le milieu récepteur au point considéré. Il est formellement stipulé que les dérogations, qui auraient pu être consenties au cours des premières étapes de l'assainissement, restent subordonnées aux résultats de l'observation directe et doivent être révisées dès qu'une évolution fait apparaître *des nuisances inadmissibles du point de vue sanitaire* ».

Enfin, si l'on voulait continuer à considérer la Fensch comme une rivière, il faudrait lui appliquer la prescription suivante (chap. IV, art. 3.1 de la circulaire ministérielle du 7 juillet 1970 mentionnée plus haut) :

« ...sauf dans le cas de cours d'eau importants et de rejets à très faible débit, un traitement constitue, au moins comme objectif final, la seule solution admissible, son degré devant tenir compte en particulier de la protection de la vie *piscicole* qui caractérise le cours d'eau ».

Il faut avoir vu, comme l'auteur de ces lignes, l'état des eaux de la Fensch en décembre 1970 et la densité et l'importance des usines qu'elle dessert, pour comprendre combien ce serait une utopie de vouloir rétablir la vie *piscicole* dans ce cours d'eau, soumis à une pollution chimique intense et à la pollution thermique.

**Obligations à respecter légalement si l'on décidait de considérer définitivement une rivière comme un « égout ordinaire » :**

Dans un tel cas, il faudrait se mettre en règle avec la circulaire du Ministre de la Santé publique en date du 7 juillet 1970 (J.O. du 7 août 1970), relative à l'assainissement des agglomérations et à la protection sanitaire des milieux récepteurs, qui stipule (chap. IV, art. 1) :

« Entre la zone d'agglomération assainie et le point où l'effluent, qu'il s'agisse d'eaux brutes ou d'eaux ayant subi un traitement, sera rejeté au milieu récepteur, il faut assurer son transport dans des ouvrages continus et étanches, de manière à éviter la pollution des nappes phréatiques, ainsi que les *inconvéniens que pourrait présenter l'introduction d'apports non contrôlés susceptibles de perturber l'épuration* ».

Il résulte de là que si l'on cesse de considérer une rivière comme telle, pour la faire rentrer dans la catégorie des égouts, il faut en principe la transformer en un ouvrage étanche, et si le lit de la rivière a été maçonné de façon à la canaliser, la rivière doit également être *couverte*.

Peut-être, à la rigueur, pourrait-il être admis, par dérogation à la règle générale, que la rivière-égout soit canalisée de façon à avoir un lit étanche, mais sans couverture. Ce serait alors un canal étanche à l'air libre, comme c'est précisément le cas pour l'Emscher, en Westphalie. Mais en raison des odeurs et des vapeurs plus ou moins nocives dégagées, la pollution de l'air dans le voisinage de la rivière-égout doit entrer en ligne de compte. Une telle solution ne peut raisonnablement être acceptée que s'il n'y a pas d'habitations ou de lieux de travail aux abords immédiats de la rivière, ce qui n'est pas le cas de la Fensch.

*En conclusion*, au premier abord, il n'apparaît pas que la législation française existante permette de classer définitivement dans la catégorie des égouts une rivière quelconque, même si elle est considérablement polluée par des effluents industriels et des produits plus ou moins toxiques, et même si l'on ne voit pas de moyens pratiquement et économiquement valables pour réduire notablement sa pollution.

Cependant, des rivières comme la Fensch, la Rosselle, la Chiers et l'Alzette, en Lorraine, constituent des cas typiques, pour lesquels la solution de l'*épuration globale* de la rivière au fil de l'eau a déjà pu être envisagée lors d'études préliminaires (cas de la Fensch et de l'Alzette), ou même sommaires (cas de la Rosselle et de la Chiers).

Si l'on construisait une station d'épuration dans de telles conditions, pour traiter globalement la totalité du débit de la rivière, la partie de celle-ci située en amont serait assimilable à un véritable égout.

Dans le cas de la Fensch, la solution retenue est différente, mais prévoit quand même un traitement physique global au fil de l'eau. Cependant, la phase actuelle n'est pas encore très nette par suite de difficultés d'entente, pour le moment entre les industries et l'Administration, dans le sens désiré par cette dernière.

Pour la Chiers, une station d'épuration au fil de l'eau a été envisagée à la sortie de Longwy, mais on lui préfère une autre solution qui apparaît très valable, avec encore un traitement physique au fil de l'eau pour tout le débit de la rivière.

Nous retiendrons aussi et tout particulièrement le cas de la Rosselle, pour laquelle, selon des renseignements obtenus auprès de l'Agence Financière de Bassin Rhin-Meuse, la solution d'une station d'épuration globale au fil de l'eau, pour traiter un débit de l'ordre de 12 m<sup>3</sup>/s non loin du confluent avec la Sarre, constituerait la *solution la moins coûteuse*. Cependant, une entente avec la République d'Allemagne serait alors nécessaire, et malheureusement à peu près tout reste encore à faire dans le domaine des accords internationaux pour la lutte contre la pollution des eaux.

## D - OCCURRENCE

L'étude qui vient d'être faite de quatre ans en Lorraine montre bien que l'innovation envisagée ne pourra jamais porter que sur des *cas d'espèce*.

Ayant fait une telle enquête seulement dans le Bassin Rhin-Meuse, il ne nous est pas possible de dire si d'autres cas semblables peuvent être trouvés dans les autres bassins français.

Il est certain que la solution « EMSCHER » correspond à un cas-limite, justifiant une telle solution en Westphalie. Néanmoins, il faut retenir particulièrement :

— l'intérêt qui se présentera plus fréquemment, d'effectuer un « traitement physique » au fil de l'eau pour la totalité du débit de la rivière,

— l'intérêt d'appliquer des traitements collectifs « par nature de pollution », comme dans le cas de la Fensch.

Dans ces deux voies, il est à peu près certain que de multiples réalisations seraient intéressantes en France.

**ANNEXE**

Au ministère du Développement industriel et scientifique, la Division prospective de la Direction des études et programmes poursuit le travail de prévision technologique entrepris par la Délégation à l'aménagement du territoire et à l'action régionale. En liaison avec la Direction de la Technologie, de l'Environnement industriel et des Mines, et la Délégation générale à la recherche scientifique et technique, une réflexion a été menée sur les besoins d'information dans ce domaine et sur la méthodologie à utiliser :

— les innovations pouvant apparaître à moyen terme sont recensées et analysées de manière exhaustive,

— les conditions d'éclosion de l'innovation et ses conséquences ultimes sont étudiées.

L'orientation et le contenu des recherches est fonction des besoins des personnes auxquelles elles s'adressent ; l'objectif n'est pas de faire le point d'une discipline scientifique ou d'une technologie, mais de recenser les innovations et de décrire les conditions de leur développement, en particulier la phase critique de l'industrialisation dont le coût est très supérieur à celui de la recherche et du développement qui l'on précédée. Ensuite, les divers impacts sociaux ou économiques sont étudiés et évalués ; ils ont trait aux structures industrielles, à l'aménagement du territoire, aux nuisances, à la qualification et à l'emploi.

Une innovation ne fait l'objet d'une fiche que si ses conséquences, dans un de ces domaines, sont notables ; cette fiche est articulée autour du cadre suivant :

— description de l'innovation,

— examen de son marché potentiel,

— recensement des conditions de diffusion :

- risque financier et technologique,
- recherche du maître d'œuvre,
- environnement souhaitable,
- occurrence temporelle,

— description des facteurs de production nécessaires à la mise en œuvre de l'innovation :

- localisation,
- emploi et qualification,
- investissement et structures industrielles,

— évaluation des conséquences économiques et sociales :

- conversion professionnelle,
- consommation et mode de vie,
- nuisances,
- aménagement du territoire.

Les différents secteurs industriels seront analysés tour à tour : la construction métallique, la construction mécanique, les matériaux de construction, les produits nouveaux dans le bâtiment et les travaux publics sont les domaines en cours d'étude.

Le choix des innovations est effectué par des experts du domaine concerné : responsables des services techniques du ministère du Développement industriel et scientifique ou des spécialistes de l'industrie et des centres techniques professionnels. Le sujet peut être un système constituant, par exemple un moyen de transport ou de production d'énergie, un procédé de fabrication, un produit ou un problème à résoudre tel que la diminution de la pollution due à telle industrie.

Les fiches seront largement diffusées vers les personnes intéressées par le progrès technologique, telles que :

— les responsables d'entreprises qui les utiliseraient soit pour préparer leur stratégie à moyen et long terme, soit pour innover ou diversifier la production.

Ces fiches les maintiendraient au courant des diverses innovations techniques actuelles.

— les techniciens intéressés par l'évolution technologique dans les secteurs autres que le leur ;

— les responsables de l'administration et des organismes financiers impliqués par la restructuration sectorielle, une participation au plan de développement d'une entreprise, la politique des marchés publics ou l'orientation de l'enseignement technique,

— le public de cadres et de notables divers, de professeurs et d'étudiants, en particulier dans les Ecoles d'Ingénieurs et les Facultés des sciences économiques.

## AVANT-PROJETS DE FICHE DE PREVISION TECHNOLOGIQUE

### 1 - Le soudage par bombardement électronique

#### DESCRIPTION

Cette méthode de soudage consiste à bombarder les pièces par un faisceau d'électrons qui provoque la fusion de celles-ci. Le soudage intervient au cours du refroidissement. Le faisceau d'électrons se déplace dans le plan de contact des pièces à souder où il crée dans chaque position un cylindre de métal fondu.

L'intérêt du procédé vient de ce que l'énergie est apportée et propagée par des électrons alors que pour les méthodes classiques, il y a un transfert de chaleur par conduction. L'énergie spécifique est très élevée (quelques  $10^5$  W/cm<sup>2</sup>), aussi le procédé est très rapide et les transferts de chaleur n'ayant pas le temps de se produire, les pièces ne sont pas déformées, ce qui constitue un avantage primordial.

L'intensité du faisceau d'électrons peut être de quelques dixièmes d'ampères et la tension d'accélération de 10 à 60 kV.

On distingue les machines à vide poussé et celles à vide partiel. Pour ces deux types, le canon qui produit, accélère et focalise les électrons, est dans un vide secondaire de  $10^{-3}$  Pascal environ.

Les pièces à souder sont dans le même vide que le canon lorsque la machine est à vide poussé ; dans l'autre cas, elles sont dans un vide primaire d'un Pascal, cette disposition est très fréquente maintenant, elle est utilisée lorsqu'on a des cadences de travail rapide et lorsque le canon est mobile sur des pièces de grandes dimensions.

Par rapport aux techniques de soudage classique, celle par bombardement électronique apporte les avantages suivants :

— La soudure est d'excellente qualité, car elle est réalisée sous vide. De ce fait, le pompage élimine les gaz dissous dans les parties fondues ; toute oxydation est évitée, il y a plutôt une réduction du métal dont les caractéristiques restent égales à 95 % de celles du métal de base.

— Grâce à la puissance spécifique élevée du faisceau d'électrons, les soudures sont fines, le cordon de soudure a une hauteur qui est égale à 10 à 40 fois son épaisseur ; de fortes épaisseurs telles que 90 mm pour l'acier et 200 mm pour les alliages légers sont soudables en une seule passe. La déformation est négligeable et le retrait de faible amplitude. Enfin, cette méthode automatique, car elle l'est obligatoirement, est très rapide et précise.

— Il est possible de souder dans toutes les positions, et à travers une paroi, ce qui diminue d'autant l'épaisseur maximale soudable.

Il y a cependant certains inconvénients :

— procédé non utilisable avec les métaux poreux ou contenant beaucoup de gaz, tels que la fonte, l'acier moulé si l'opération n'a pas eu lieu sous vide,

— nécessité de préparer les surfaces : dégraissage et décapage si elles sont oxydées,

— investissement élevé de cette méthode.

#### MARCHÉ

D'une manière générale, toute la construction mécanique constitue un marché pour cette technique. Un exemple simple illustre bien son avantage : pour souder deux pièces en alliage léger de 125 mm d'épaisseur, il est nécessaire d'effectuer par bombardement électronique et par une technique plus classique, le soudage MIG sous argon, respectivement 1 et 94 passes, 1 et 26 vérifications, les vitesses étant de 40 cm/mm et 1 cm/mm.

Les secteurs suivants sont particulièrement concernés :

— les industries de pointe où les produits ont une forte valeur ajoutée et où les exigences sont sévères : la construction aéronautique, l'industrie nucléaire ; le soudage par bombardement électronique a été créé pour les gaines d'éléments combustibles ;

— dans certains cas, les procédés classiques ne sont pas utilisables en raison de la nature des matériaux ou de la position à adopter. Par exemple, le zirconium, le titane et le tantale sont sensibles à l'oxygène ; le soudage par bombardement électronique est nécessaire pour certains couples de matériaux : aluminium/titane, cuivre/acier inoxydable ;

— les industries où les soudures doivent être exécutées automatiquement et à des cadences rapides, l'industrie automobile par exemple.

Enfin, l'absence de déformations procure dans certains cas des économies importantes : lorsqu'il y a des déformations, l'usinage des pièces ne peut être achevé avant le soudage de celles-ci, il faut le reprendre ou le terminer pour corriger les défauts dus aux déformations ; s'il n'y a pas de déformations, les pièces peuvent être usinées entièrement avant soudage. Prenons le cas du rotor d'une turbine pesant 210 tonnes et obtenu en soudant 6 couronnes de 35 tonnes ; avec le soudage par bombardement électronique on n'a pas à usiner une pièce de 210 tonnes et l'intérêt à utiliser une telle technique apparaît clairement pour la chaudronnerie lourde pour laquelle une solution originale a été développée en France : le canon se déplace sur un chariot mobile et un vide partiel est localisé à la partie des pièces en cours de soudage.

Une autre application de l'absence de déformation est la possibilité d'obtenir une pièce compliquée en produisant séparément les différentes parties et une fois leur fabrication entièrement terminée, les souder par bombardement électronique. Les opérations d'usinage en sont grandement facilitées et on peut obtenir des pièces moins encombrantes ; les pignons de boîte de vitesse en sont un exemple : les différentes couronnes sont usinées entièrement, puis soudées. Il en résulte une économie de longueur de 8 % et il n'est plus nécessaire d'appareiller les pièces.

Ainsi, dans l'ensemble de la construction mécanique, cette méthode devrait être adoptée dans de larges proportions en particulier dans la chaudronnerie lourde ; cela entraînera une modification marquée des processus de fabrication.

## CONDITIONS DE DIFFUSION

### 1 - Risques financiers et technologiques

Pour la chaudronnerie lourde, il subsiste un risque technologique. Lorsque des pièces de fortes épaisseurs sont soudées, une partie seulement de l'opération peut être réalisée par bombardement électronique, la limite est de 90 mm pour l'acier. La soudure est alors terminée par une méthode classique telle que le soudage à l'arc, des défauts d'homogénéité peuvent en résulter, ou certains problèmes peuvent se poser. Il faudrait que l'épaisseur maximale actuelle 90/100 mm soit portée à plusieurs centaines de mm pour éliminer ce risque.

Le montant des investissements nécessaires est relativement important 500 000 à 1 000 000 de francs pour une installation moyenne. La rentabilité d'une telle installation est cependant fort probable, il n'est pas à la portée des sociétés moyennes ; certaines grosses sociétés hésitent à affectuer ce placement car le climat économique actuel ne le favorise pas, et l'industrie mécanique française investit généralement moins rapidement que ne le font certains pays étrangers, le Japon et l'Allemagne en particulier.

Mais il faut souligner que les sociétés qui disposeront de cette technique amélioreront nettement leur compétitivité au détriment des autres : le temps nécessaire au soudage d'une cuve de réacteur nucléaire passe d'un mois et demi à une demi-journée si on utilise le soudage par bombardement électronique. Enfin, pour la chaudronnerie lourde, les canons mobiles constituent une innovation propre à la France, et il serait souhaitable que ce secteur bénéficie avant les sociétés concurrentes étrangères de l'avance acquise en ce domaine.

### 2 - Maître-d'œuvre et environnement de l'innovation

En France, plusieurs sociétés produisent du matériel de soudage par bombardement électronique : Sciaky, Clover ; la Soudure Autogène Française prolonge l'activité que la société Alcatel avait dans ce domaine. Cette technique est née au Centre de Saclay du Commissariat à l'Energie Atomique qui a pris des brevets. Par la suite, le matériel a été développé par la CEA et les sociétés constructrices ou utilisatrices, et la DGRST et la DRME ont passé plusieurs contrats dans ce but.

## 3 - Environnement

Il est nécessaire d'étudier si le procédé est applicable à tous les métaux et en particulier à certaines nuances d'acier ; pour chaque matériau, un ensemble d'essais mécaniques doit être effectué et nécessite une dépense de 10 à 20 MF. Ces travaux devraient être répartis en France entre les différentes sociétés ou organismes susceptibles de les réaliser, tels que l'Institut de Soudure, le CEA.

## 4 - Occurrence temporelle

Si on tient compte de la concurrence internationale dans le secteur de chaudronnerie lourde, il serait souhaitable que l'équipement de ce secteur soit réalisé dans un délai rapproché qui peut être évalué à 2 ou 3 ans.

## FACTEURS DE PRODUCTION NÉCESSAIRES A LA MISE EN ŒUVRE DU PROCÉDÉ

Ces facteurs sont déjà en place, ils sont situés dans la région parisienne. Il faut souligner que le volume des ventes n'est pas très développé : une dizaine de machines par an ; pour le principal constructeur, cette production a été équilibrée financièrement que depuis peu.

Les technologies impliquées sont variées : mécanique, électronique et vide. Cette dernière n'est peut être pas encore très répandue dans l'industrie. Il faut souligner que ce procédé provient du transfert de technologies étrangères à celle du soudage.

## CONSEQUENCES ECONOMIQUES ET SOCIALES

### Conversion professionnelle

Cette technique ne fait pas appel aux soudeurs employés avec les méthodes classiques, cela peut poser quelques problèmes à l'intérieur d'une entreprise. Toutefois, les soudeurs forment une main-d'œuvre rare dont le coût est élevé, alors que cette technique de soudage par bombardement électronique aura une productivité nettement supérieure et fait appel à des techniciens tels que ceux utilisés pour le travail sur machine-outil. Pour la maintenance, des électroniciens et des techniciens du vide sont nécessaires.

### Nuisances

Elle proviendrait du bombardement des électrons avec la matière produit des rayons X dont la dureté augmente avec l'énergie des électrons. Mais les installations étant automatiques, l'opérateur ne fait que surveiller la machine. S'il doit regarder l'opération, il peut le faire à travers un écran de verre au plomb ou, mieux, à l'aide d'un circuit de télévision.

## 2 - L'Informatique dans la construction

### DESCRIPTION

Pour réaliser les structures métalliques, hangar, pont, tour, usine, etc..., des calculs approchés et longs sont nécessaires pour déterminer les contraintes et les sections requises.

Actuellement, ces calculs sont faits par ordinateur et il est nécessaire qu'il soit puissant, un IBM 360 - 75 par exemple. Aussi, aucune entreprise moyenne ne peut en disposer d'un pour elle-même. Un tel ordinateur se trouve dans un centre de calcul qui loue ses services et qui, en général, opère par télétraitement.

Les entreprises louent une console pour l'entrée et la sortie des informations ; un petit ordinateur peut remplir ces fonctions et accomplir lui-même certains travaux : la gestion en particulier et quelques calculs.

Le montant des dépenses — personnel, programme et location du matériel — atteint en moyenne de 1 à 2 % du chiffre d'affaires.

L'étape suivante est plus complexe : elle consiste à obtenir les dessins par une table traçante reliée à un ordinateur ou à une unité séparée. La numérisation des dessins est obtenue à l'aide d'un lecteur de courbes.

Le gain de temps de l'ensemble calcul-dessin automatique est dans un rapport de 50 à 200.

Associée à ce processus, la commande des machines d'atelier : coupe, perçage, traçage est réalisée par des bandes perforées produites par l'ordinateur.

Ainsi, on aboutit à une automatisation très poussée de la production, depuis le calcul jusqu'aux éléments à assembler.

### MARCHÉ POTENTIEL

Toutes les entreprises de construction métallique sont concernées par ce processus (production globale annuelle : 1 000 000 de tonnes, effectif : 30 000 personnes).

Pour les calculs, l'utilisation d'un ordinateur s'impose pour les raisons suivantes :

- gains de temps importants, en particulier pour la fourniture des devis,
- les calculs sont plus fiables et plus poussés (méthodes itératives) ainsi la sécurité en est améliorée,
- enfin, on peut calculer des structures complexes telles que tours, plaques, que l'on ne savait pas calculer en France il y a quelques années, par exemple les calculs de la tour Nobel à Courbevoie ont été faits par une société étrangère.

Le dessin automatique apporte certains avantages :

- gains de temps,
- homogénéité du dessin qui n'est pas réalisée dans le cas d'exécution manuelle, si deux dessinateurs ou plus y participent, certains détails étant propres à leur auteur,
- fiabilité.

Le pilotage des machines d'atelier a des avantages similaires : gain de temps, automatisation et fiabilité.

## CONDITIONS DE DIFFUSION

### 1 - Risques financier et technologique

Il n'y a pas de risque financier car il s'agit d'une application nouvelle d'un matériel existant : l'ordinateur d'une part et, d'autre part, le matériel est loué aux entreprises et non vendu, aussi cela ne nécessite pas d'investissements de ce côté.

Pour les tables traçantes et l'automatisation des opérations d'atelier, des investissements sont nécessaires mais ils sont modérés.

Les risques technologiques comprennent éventuellement ceux de la mise en service d'un ordinateur ou d'automatisation pour assurer telle ou telle fonction, les études doivent être approfondies et soignées pour que la mise en service se fasse avec succès, autrement les pertes de temps et d'argent peuvent devenir très importantes.

### 2 - Maître-d'œuvre - Environnement

Il n'y a pas de maître-d'œuvre proprement dit, mais le Centre technique et industriel de la construction métallique (C.T.I.C.M.) situé à Puteaux, a un rôle pilote dans le domaine du calcul. En effet, il produit des programmes utilisables par chaque constructeur, moyennant certaines redevances.

La société IBM joue un autre rôle pilote ; en effet, elle dispose d'un centre de calcul permanent, situé à Neuilly-sur-Seine (IBM 360-65, IBM 360-75). Ces moyens sont à la disposition de toute entreprise avec laquelle ils sont reliés par l'intermédiaire d'un réseau de câbles loués aux P et T. D'autre part, toute la profession utilise du matériel IBM et des programmes adaptés à ce matériel.

Pour le dessin automatique, les sociétés productrices de tables traçantes sont Benson, Calcomp.

### 3 - Occurrence temporelle

Pour les calculs, la plupart des constructeurs sont équipés ou vont s'équiper prochainement pour qu'ils soient exécutés par ordinateur (70 à 80 % des entreprises).

Par contre, pour le dessin et la production, la situation est inversée, une entreprise seulement fait exécuter ses dessins par table traçante. Elle loue ses services à d'autres entreprises. La pénétration actuelle est donc faible, mais il faut noter cependant que cette entreprise est la plus avancée en Europe dans ce domaine.

## FACTEURS DE PRODUCTION

### 1 - Localisation

Pratiquement, il n'y a que deux centres qui effectuent les calculs, principalement celui de la société IBM, et celui de la société SCE à Paris.

Pour le calcul, les fabricants d'ordinateurs sont suffisamment connus, il suffit de les évoquer : IBM, CII et peut être Control Data, ICL. Cependant, il faut remarquer que l'on s'oriente vers l'usage uniforme de matériel IBM en France (il s'agit de la construction métallique) ; ceci est renforcé par le fait que les programmes sont écrits pour des ordinateurs IBM et que cette société installe un réseau de télécommunications mettant à la disposition de toute entreprise son centre de calcul parisien.



En ce qui concerne les tables traçantes, il ne semble pas y avoir de producteurs français ; le matériel provient de sociétés américaines telles Calcomp ou d'une société française (Bensoa).

## **2 - Emploi, investissement et structure Industrielle**

Le volume de travail apporté par ces innovations n'engendre pas de conséquences dans ces domaines, la construction métallique ne constituant pas un marché très important.

Le matériel de calcul — ordinateur ou terminaux — est généralement loué aux entreprises qui, ainsi, n'ont pas à investir. Il n'en est pas de même pour les tables traçantes et dont le prix peut être de 200 000 F, pour le lecteur pour les machines de production (1 à 2 MF pour 20 000 tonnes/ans).

## **CONSEQUENCES ECONOMIQUES ET SOCIALES**

### **1 - Conversion professionnelle**

Le calcul et le dessin automatique entraînant quelques mutations : diminution des effectifs d'une part, et formation souhaitable et en partie nécessaire en informatique.

On peut chiffrer par un facteur 6 la diminution du nombre de dessinateurs employés lorsque, dans une entre-

prise, le dessin devient en partie automatique (50 %) ; en outre, il est nécessaire que la moitié des dessinateurs connaissent l'informatique.

Lorsque les calculs sont exécutés par ordinateur, le nombre des projeteurs reste inchangé, mais leur fonction est modifiée : certains sont chargés de suivre les affaires (gestion) ou bien, d'une manière générale, ils doivent concevoir les structures et avoir une bonne connaissance de la technologie. Pour une production de 10 000 tonnes par an, un informaticien est utilisé par l'entreprise (il s'agit d'un ordre de grandeur).

Enfin, pour la production en atelier, lorsque le pilotage des tronçonneuses et perceuses devient automatique, l'effectif productif est diminué de 30 % environ.

Toutes les structures métalliques font l'objet de contrôles de la part de sociétés spécialisées (Socotec, Bureau Veritas). Lorsque les calculs et le dessin sont automatiques, les structures obtenues sont standardisées ; quant à la conception et à l'exécution, on peut prévoir que les contrôles deviendront beaucoup plus légers lorsque le dessin automatique se sera diffusé largement et ils porteront sur les programmes utilisés et non sur chaque production.

### **2 - Aménagement du territoire**

On assiste à une centralisation très poussée des moyens de calcul dans la région parisienne, cela ne fait que renforcer la tendance actuelle : 60 % du parc d'ordinateurs est concentré dans cette région.

Cependant, grâce au réseau de téléinformation mis en place par l'administration des P et T, cette centralisation ne se retrouve pas au niveau des utilisateurs qui sont disséminés sur tout le territoire et qui peuvent être reliés à un centre de calcul parisien, celui de la société IBM en général.

# **TABLE DES MATIÈRES**

<b>Avant-propos</b> .....	3	<b>FICHES TECHNIQUES</b> .....	139
<b>A la recherche d'une prospective technologique</b> ..	7	1 - Transport routier .....	141
<b>PROSPECTIVE TECHNOLOGIQUE ET AMENAGEMENT DU TERRITOIRE</b> ....	11	2 - Transport ferroviaire .....	157
		3 - Transports maritime et fluvial .....	163
		4 - Production, distribution et assainissement de l'eau pour les usages domestiques, agricoles et industriels .....	169
<b>Première partie : REFLEXIONS METHODOLOGIQUES</b>	13	<b>Annexe</b> .....	199
1 - Vue d'ensemble des problèmes de la pro- spective technologique .....	15		
2 - Essai de clarification des concepts de perti- nence et d'occurrence d'une innovation .....	24	<b>LISTE DES FICHES TECHNIQUES</b>	
3 - Sur quelques difficultés particulières de la pro- spective technologique .....	28	<b>Transport routier</b> .....	141
<b>Deuxième partie : IMPACT DES INNOVATIONS TECHNOLOGIQUES SUR QUELQUES ASPECTS DE L'AMENAGEMENT DU TERRITOIRE</b> .....	33	1 - Construction d'un réseau parallèle d'autoroutes à très grande vitesse (200 km/h) .....	144
1 - Impact sur la localisation des entreprises .....	35	2 - La chaussée lumineuse .....	145
2 - Modification de la structure des agglomérations	37	3 - Nouvelle approche des conceptions d'interface entre modes de transport (points d'éclatement, complexes d'échange, parkings de dissuasion)	145
3 - Transformation du problème de la décentra- lisation .....	41	4 - Nouveau mode de transport urbain de distance moyenne (2 à 15 km) .....	145
<b>REPERCUSSIONS REGIONALES A LONG TERME DES INNOVATIONS DANS LA FILIERE TEXTILE-CONFECTION</b> .....	47	5 - Véhicule programmé (ou encore : ascenseur horizontal) .....	146
1 - Sélection des innovations de la filière textile- confection en fonction de critères d'intérêt régional .....	53	6 - Transport hectométrique .....	146
2 - Les non-tissés .....	69	7 - Contrôle de sécurité du mouvement des véhi- cules de l'extérieur en différents points cri- tiques .....	147
3 - La texturation de filière .....	81	8 - Système de contrôle automatique de la vitesse de sécurité des véhicules .....	147
4 - La filature par turbine .....	87	9 - Dispositifs anti-polluants totalement efficaces et à bon prix .....	148
5 - Le tissage sur machines sans navette .....	94	10 - Dispositifs anti-bruits .....	148
6 - Le tricotage sur métiers à commande élec- tronique .....	109	11 - Dispositifs anti-éblouissants .....	149
7 - Le traitement des textiles par solvants .....	115	12 - Mise au point d'une pile à combustible à prix réduit .....	149
8 - L'automatisation de la confection .....	129	13 - Petit véhicule urbain à une ou deux places ..	149
		14 - L'automobile à vapeur .....	150
		15 - Le terraplane .....	150
		16 - Le bimode urbain .....	151

17 - Taxi urbain sans chauffeur .....	151
18 - L'information visuelle sans support physique pour la signalisation routière .....	152
19 - Information visuelle externe aux véhicules sur les routes à suivre .....	152
20 - Informations audiovisuelles à l'intérieur des véhicules .....	153
21 - Le guidage automatique des autobus .....	153
22 - Le radio-bus (Dial-a-bus) ou autobus à la demande .....	153
23 - Identification automatique des véhicules .....	154
24 - Contrôle centralisé et optimisé du trafic urbain par l'intermédiaire des feux et des routages .....	154
25 - L'autoroute électronique .....	155
26 - Exploitation généralisée des conteneurs dans le transport routier .....	155
<b>Transport ferroviaire .....</b>	<b>157</b>
1 - Le Turbotrain - type Paris-Cherbourg .....	157
2 - Le Rail-jet .....	158
3 - L'Aérotrain .....	158
4 - L'Urba .....	159
5 - Train à réaction (Jet train) .....	160
6 - Train fusée supersonique (Supersonic-rocket train) .....	160
7 - Innovations et principales recherches de la SNCF dans le domaine de l'exploitation .....	161
<b>Transports maritime et fluvial .....</b>	<b>163</b>
1 - Développement des pétroliers et minéraliers de fort tonnage .....	163
2 - Trafic par navires porte-conteneurs .....	165
3 - Trafic par navires porte-barges .....	165
4 - Trafic roll-on - roll-off .....	166
5 - Développement de la navigation de plaisance .....	166
6 - Evolution des transports fluviaux .....	167
7 - Les navires rapides .....	168

<b>Production, distribution et assainissement de l'eau pour les usages domestiques, agricoles et industriels</b>	<b>169</b>
<b>Première partie : Fiches sommaires .....</b>	<b>170</b>
1 - Développement éventuel du dessalement de l'eau de mer sur les côtes françaises .....	170
2 - La pluie provoquée .....	171
3 - Constitution de barrières contre l'intrusion d'eau de mer dans des nappes souterraines d'eau douce, au moyen de l'injection d'eaux usées régénérées .....	172
4 - Réalimentation des nappes souterraines ....	172
5 - Petits barrages en terre et lacs collinaires ....	174
6 - Constitution de réserves d'incendie par récupération de certaines eaux pluviales .....	174
7 - Réservation des eaux souterraines pour les besoins domestiques et urbains en période normale ou dans le cas de pollution atomique généralisée .....	175
8 - Les réseaux de distribution d'eau industrielle	176
9 - Les traitements d'épuration des eaux pour l'obtention d'eau potable .....	176
10 - La stérilisation de l'eau .....	178
11 - Développement probable des réservoirs hydro-pneumatiques au sol ou semi-enterrés, pour les réseaux urbains de distribution .....	179
12 - Les traitements d'épuration des eaux usées urbaines, mélangées ou non à des eaux résiduaires industrielles .....	180
13 - Etangs d'épuration des eaux usées .....	181
14 - L'aération artificielle des cours d'eau et des lacs .....	182
15 - Réutilisation des eaux usées régénérées par épuration tertiaire .....	183
16 - Le problème de la classification des cours d'eau .....	184
17 - Les problèmes de réservations des terrains ..	188
<b>Deuxième partie .....</b>	<b>189</b>
L'épuration au fil de l'eau de la totalité des eaux d'une rivière considérablement polluée en région industrielle .....	189

## TRAVAUX ET RECHERCHES DE PROSPECTIVE

- 0 Techniques avancées et aménagement du territoire
- 1 La façade méditerranéenne
- 2 Eléments pour un schéma directeur des télécommunications
- 3 Composantes de la fonction urbaine
- 4 Dictionnaire des projections 1985 et 2000
- 5 Schéma d'aménagement de l'aire métropolitaine marseillaise
- 6 Aménagement de la Basse Seine
- 7 Aménagement du Bassin parisien
- 8 Rapport du groupe de travail Paris-Nord
- 9 Schéma d'aménagement de la métropole lorraine
- 10 Schéma d'aménagement de la métropole Lyon-Saint-Etienne-Grenoble
- 11 Schéma d'aménagement de l'aire métropolitaine Nantes-Saint-Nazaire
- 12 Scénarios d'aménagement du territoire
- 13 Eléments pour un schéma directeur de l'informatique
- 14 Prospective et analyse de système
- 15 L'eau en Seine-Normandie. Projet du Livre blanc
- 16 Les problèmes de l'eau en Artois-Picardie
- 17 Les centres de prospective et d'aménagement du territoire en Europe
- 18 Bassin Rhin-Meuse. Eau et aménagement
- 19 Aménagement d'une région urbaine. Le Nord-Pas-de-Calais
- 20 Une image de la France en l'an 2000. Scénario de l'inacceptable
- 21 L'eau en Adour-Garonne
- 22 Les problèmes de l'eau dans le Bassin Rhône-Méditerranée-Corse
- 23 Vers la métropole jardin. Livre blanc pour l'aménagement de la Loire moyenne
- 24 L'espace nord-champenois
- 25 Eléments pour un schéma directeur de l'équipement aéronautique
- 26 La transformation du monde rural
- 27 L'eau dans le Bassin Loire-Bretagne
- 28 Prospective et société
- 29 Survol de la France
- 30 Une image de la France en l'an 2000. Documents de base. Méthode de travail
- 31 Les liaisons routières : histoire d'un schéma
- 32 Schéma d'aménagement de la Corse
- 33 Technologie d'aménagement du territoire

DELEGATION A L'AMENAGEMENT DU TERRITOIRE  
ET A L'ACTION REGIONALE

1, avenue Charles-Floquet, 75-Paris (7°)

Fondateur de la collection : Gérard WEILL †

Directeur de la publication : Jacques DURAND  
Administrateur : Hélène ROGER-VASSELIN

Secrétaire de rédaction : Marie GRENIER  
Couverture : Cl. CAUJOLLE et Denise COHEN

---

L.-I.-R., 7, rue Saint-Benoît, Paris-6° — 548-24-75 - 548-54-83.

Imprimerie A. HUMBLLOT et Cie - 54 NANCY - Dépôt légal 1735  
Impression de la couverture : Société Industrielle d'Imprimerie - Levallois